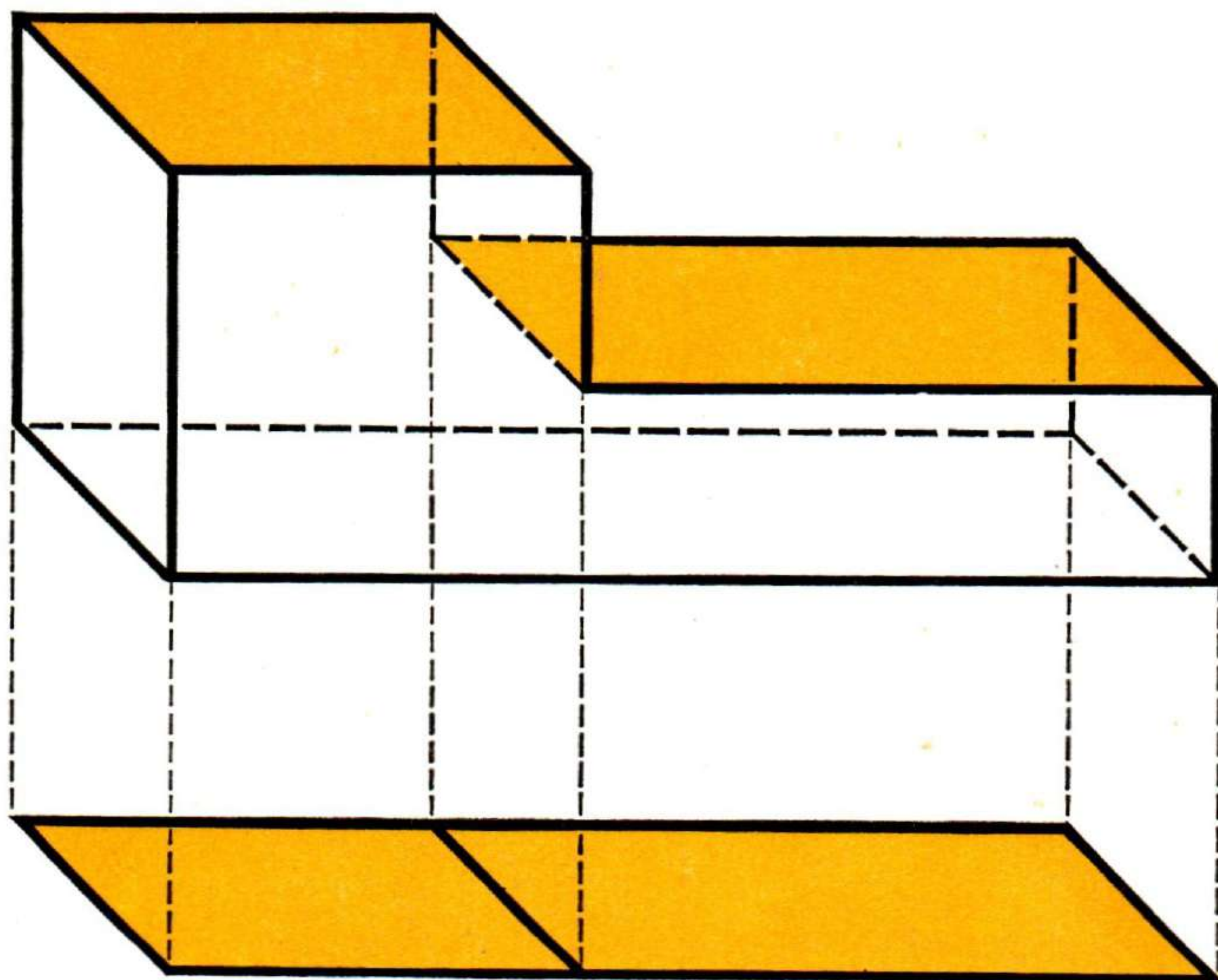
SREDNJE
ŠKOLE



Kovač

OSNOVE TEHNIČKOG CRTANJA



ŠKOLSKA KNJIGA · ZAGREB

OSNOVE TEHNIČKOG CRTANJA

UDŽBENIK S RADNIM ZADACIMA
ZA SREDNJE ŠKOLE

NAPISAO
BRANKO KOVAČ
diplomirani inženjer strojarstva

IX, NEPROMIJENJENO IZDANJE



ŠKOLSKA KNJIGA • ZAGREB 1978

UREDNIK

EDO HERCIGONJA

RECENZENTI

BARKA ANTIĆ
GUSTAV ŠINDLER
VINKO ZGAGA

OMOT OPREMIO

BOJAN STRANIĆ

ODOBRIO SAVJET ZA PROSVJETU SRH
RJEŠENJEM BR. 07-115/1 OD 10. I. 1962.

TISAK GRAFIČKOG ZAVODA HRVATSKE, ZAGREB

SVRHA TEHNIČKOG CRTANJA

Kad govorimo o nekom događaju, kad dajemo usmeni opis neke zgrade ili stroja koji smo vidjeli, taj opis može nam dati samo površnu predodžbu opisanog. Predodžba će se u mnogo čemu izmijeniti kada slušalac sam vidi taj predmet. Treba utrošiti mnogo riječi da se opiše izgled predmeta u svim detaljima, a pogotovu da se po opisu takav predmet izvede.

Mora postojati drugi jednostavniji način da se dadu podaci za proizvodnju. To su uzorak i crtež. Po uzorku se mogu proizvoditi jednostavniji predmeti s malo radnih operacija, a obično to radi jedan stručnjak ili mali broj stručnjaka. Izradba predmeta po uzorku češća je u obrtnoj proizvodnji.

U modernoj tehnici izrađuje se mnogo jednakih predmeta i pri njihovoj izradbi zaposleno je više stručnjaka specijalista od kojih svaki radi jedan dio poslova prema svojem zanimanju. Da svaki od njih zna svoj zadatak, da zna što i kako treba izrađivati predmet, mora imati podatke, a to je moguće samo tehničkim crtežom.

Mnogi od vas znade šiti, ali se ne usuđuje krojiti da ne uništi materijal. To mora raditi izučeni radnik koji razumije nacrtane krojeve, ima izrađene šablone, ili takve šablone sam izrađuje od papira. U krojačkom zanatu krojevi i šablone predstavljaju crtež po kojemu se izrađuje odjeća. Slično se radi u industrijskoj proizvodnji, samo mnogo točnije. Konačni oblik haljine dotjeruje se podešavanjem prema tijelu višekratnim probama, a to nije moguće raditi s kovinama ili betonom. U industriji, kad se serijski proizvodi nema podešavanja, nego raznovrsni mnogobrojni dijelovi moraju međusobno pristajati i spojeni u cjelinu vršiti namijenjenu obvezu. U industriji se mora konačan oblik svakog detalja dati crtežom do najmanjih sitnica, pa konstruktor koji izrađuje crtež, koji »kroji« pojedine dijelove nekog stroja, mora unaprijed misliti na sve sitnice da stroj poslije radi kako je konstruktor zamislio.

Prema tome, svrha je crteža da daje sve podatke potrebne za proizvodnju. Iz crteža se mora vidjeti ne samo oblik predmeta koji se mora

izvesti nego i njegova veličina, i način kako treba obraditi pojedine plohe. Cijeli niz radnika u proizvodnji oblikuje proizvod onako kako je crtežom predočeno, pa je crtež baza za sav taj rad i nalog za proizvodnju.

Teškoća je u tome što se istim crtežom služe mnoge osobe u konstrukciji, u pripremi rada, i radnici različitih zanimanja u proizvodnji. Svi se oni pri tome moraju služiti jednakim pravilima da znadu čitati crtež i da, konačno, izrade onakav proizvod kako je nacrtano. Poznavanje tih pravila predstavlja tehničku pismenost, slično kao što poznavanje slova predstavlja opću pismenost.

Postoji bitna razlika između slobodnog i tehničkog crtanja. Pri slobodnom crtanju nema ograničenja, pa slikar crta onako kako on vidi predmet u svojoj mašti. Drugi slikar će isti predmet nacrtati sasvim drukčije, pa slike neće biti ni slične. U tehničkom crtanju nema te slobode. Crtaju li dva crtača isti predmet, mora i rezultat njihova rada — crtež — biti praktično jednak jer su se oba morala držati istih pravila tehničkog crtanja.

Svaki narod ima svoja pravila i običaje. No kod svih naroda svijeta služe tehnički crteži istoj svrsi, svaki narod je tražio što jednostavnije putove da dođe da tog cilja, pa se pravila tehničkog crtanja različitih naroda gotovo ne razlikuju. Kažemo da je tehničko crtanje međunarodni jezik tehničara, tehnički esperanto. Svatko tko upozna pravila i običaje tehničkog crtanja jednog naroda može, uz nešto veću pažnju, da čita i razumije tehničke crteže svih naroda. Dosljedno tome u tehničkoj struci već je tehničkim crtanjem uveden esperanto, pa se stručnjaci cijelog svijeta lako sporazumijevaju u struci na bazi tehničkog crteža.

U tehničkoj struci moraju svi znati čitati crteže, a crtati toliko da pomoću nekog crteža mogu objasniti svoje misli i pojmove, jer samo riječi nisu dovoljne. Za izvođenje crteža, što se naziva konstruiranje, potrebna su druga veća znanja i sposobnosti koja se nadograđuju na znanje čitanja crteža, i sadržaj su posebnog stručnog obrazovanja tehničara i inženjera. Ipak je razlika između književnika i opismenjene osobe, muzičara i svirača, veća nego između radnika koji zna čitati crteže i stručnjaka koji izvodi crteže. To je zbog toga što u tehnici jedni i drugi moraju poznavati ista pravila, što radnik u proizvodnji izvodi predmet po crtežu, a inženjer projektira i nadzire izvođenje samoga crteža, koji ne mora biti plod njegove mašte i ostvarenja nečega što još u svijetu ne postoji. Traži se upravo obrnuto, ostvariti zadatak iskušanim izvedbama, proračunavanjem i ekonomskim rješenjima. Konstruktor mora poznavati postupke proizvodnje, često se mora savjetovati s proizvođačima, pa sve to umanjuje razliku između čitača i izvodioca crteža i čini tehničku struku kompaktnijom i stvarnijom.

Svaki tehnički crtež mora biti predočen *jasno* da u izvođenju nema dvojbe i mogućnosti više različitih rješenja, mora biti izveden *dobro* jer se crta svaki pojedini dio koji se mora dati izvesti raspoloživim strojevima i uređajima i koji se sklapa u cjelinu, a to mora vršiti namijenjenu funkciju. Nadalje, crtežom mora biti propisano *jeftino* rješenje koje će služiti svojoj svrsi, a uz to mora rješenje biti *estetsko, trajno* i *praktično*. Mnogo je tih zahtjeva koji se traže od tehničkih crteža, a kako se crtežom objekt predoči, onako se mora izvesti, jer je crtež nalog za proizvodnju.

Pitanja: 1. Kakvi podaci služe radnicima u tvornici za proizvodnju raznovrsnih strojnih dijelova? — **2.** Koja je svrha tehničkih crteža? — **3.** U čemu je razlika između slobodnog i tehničkog crtanja? — **4.** Kako to da radnici razumiju zamisli stranih stručnjaka, a ne poznaju strani jezik? — **5.** Što predstavlja tehnički crtež za radno osoblje u nekoj tvornici?

PRIBOR I MATERIJAL ZA CRTANJE

Pribor pomoću kojega se izrađuju crteži može se prema svojoj namjeni podijeliti u više skupina:

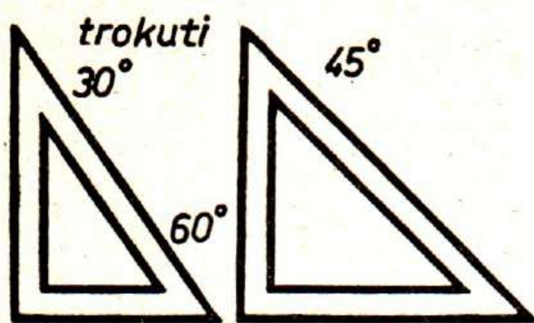
1) **Podloga** — sredstva na kojima se crta, koja služe kao podloga papiru i po kojima se vodi pomoćni pribor. To su: crtaća daska, crtaći stolovi, obično s aparaturom, specijalne ploče i uređaji.

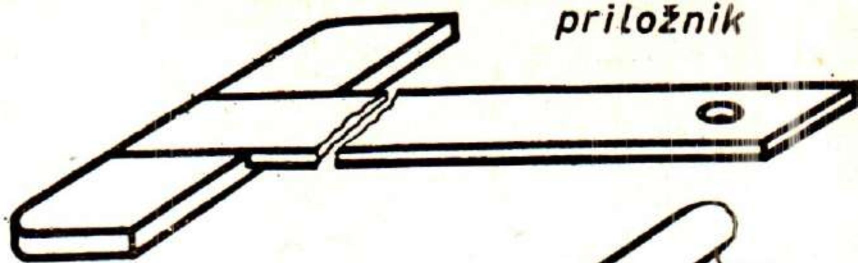
2) **Pomoćni pribor** — sredstva za izvođenje crteža koja omogućuju izvođenje ravnih crta, pravilnih i nepravilnih krivulja, opisivanje, ukratko sav rad na izvođenju crteža. Ovamo spadaju: priložnik, trokuti, mjerila, šestar, krivuljari, pribodnice, selotejp, pera, šablone i drugo (sl. 1.).

3) **Crtala** — sredstva za nanošenje i brisanje sadržaja crteža koja ostavljaju trag na papiru: olovke, tuš, boje, ugljen, guma, strugači, i drugo (sl. 1.).

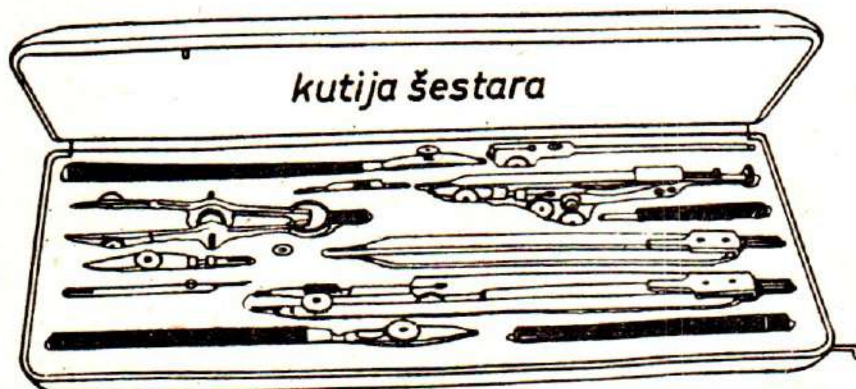
4) **Papir** — na kojem se crta. Za crteže služi tvrdi crtaći papir, prozirni za kopiranje, diazokop-papir za kopije, raznovrsni obojeni i specijalni papiri.

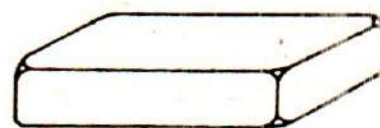
Specijalizirani konstrukcijski uredi, koji se bave samo projektiranjem i konstruiranjem, mogu imati različite aparate i uređaje koji će ubrzati rad i poboljšati kakvoću crteža, a za povremene poslove na crtežima dostaje uglavnom pribor potreban za slobodno i geometrijsko crtanje: crtaća daska, trokuti, šestar, mjerilo, pera, olovke, tuš, gume i papir.

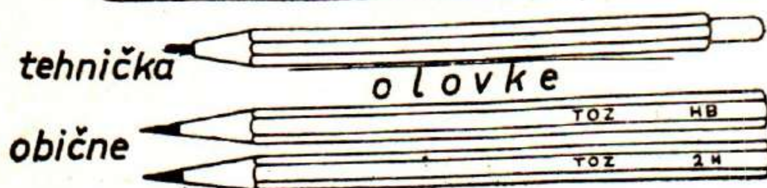




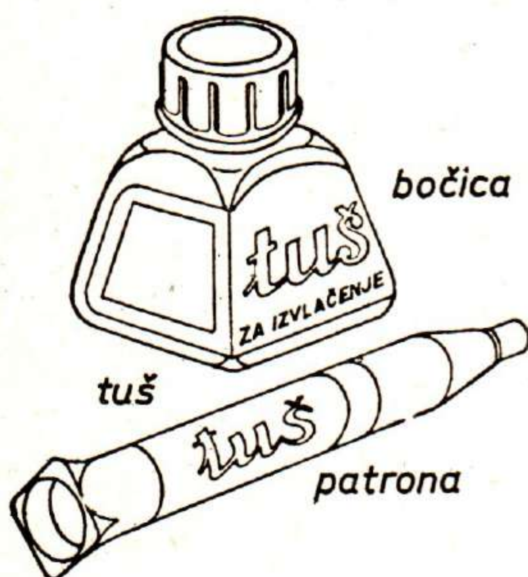


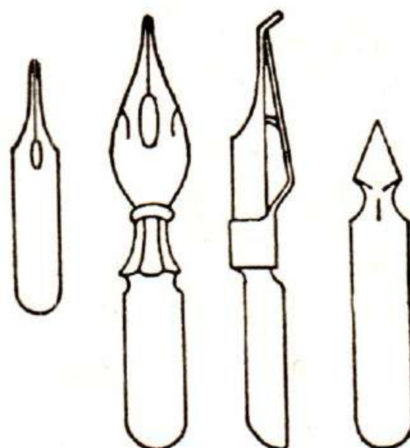










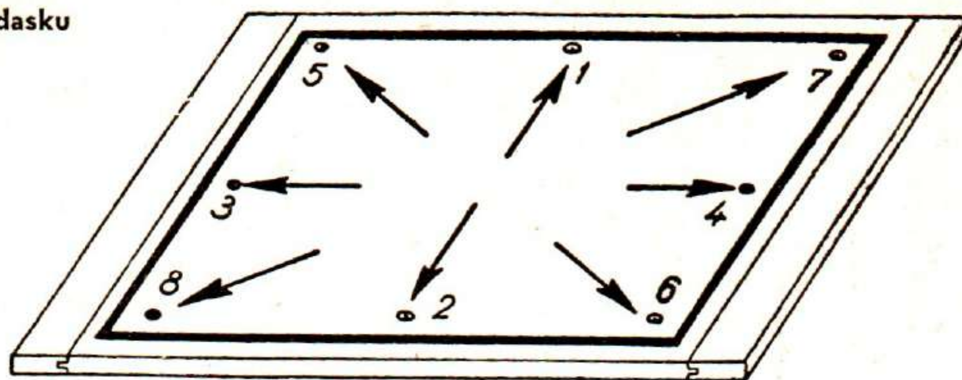






1. Pomoćni pribor i crtala za normalno tehničko crtanje

2. Napinjanje papira na crtaću dasku



Važno je znati pripremiti pribor za rad, ispravno njime rukovati i održavati ga u ispravnom stanju. Podloge, većinu pomoćnog pribora pa i papir primijenjujemo onako kako ga kupimo, pa taj pribor ne zahtijeva posebne pripreme. Jedino papir moramo pričvrstiti na dasku (sl. 2.). To se čini tako da ga napinjemo od prvog pričvrsnog mjesta u sredini gornjeg dijela prema suprotnom i onda od sredine prema vani. Pričvršćujemo selotejpom ili pribodnicama. Površina pričvršćenog papira mora biti glatka, bez valova.

Crtala treba pripremiti da možemo vući crte iste debljine i da možemo u radu istaknuti važno od pomoćnog i sporednog.

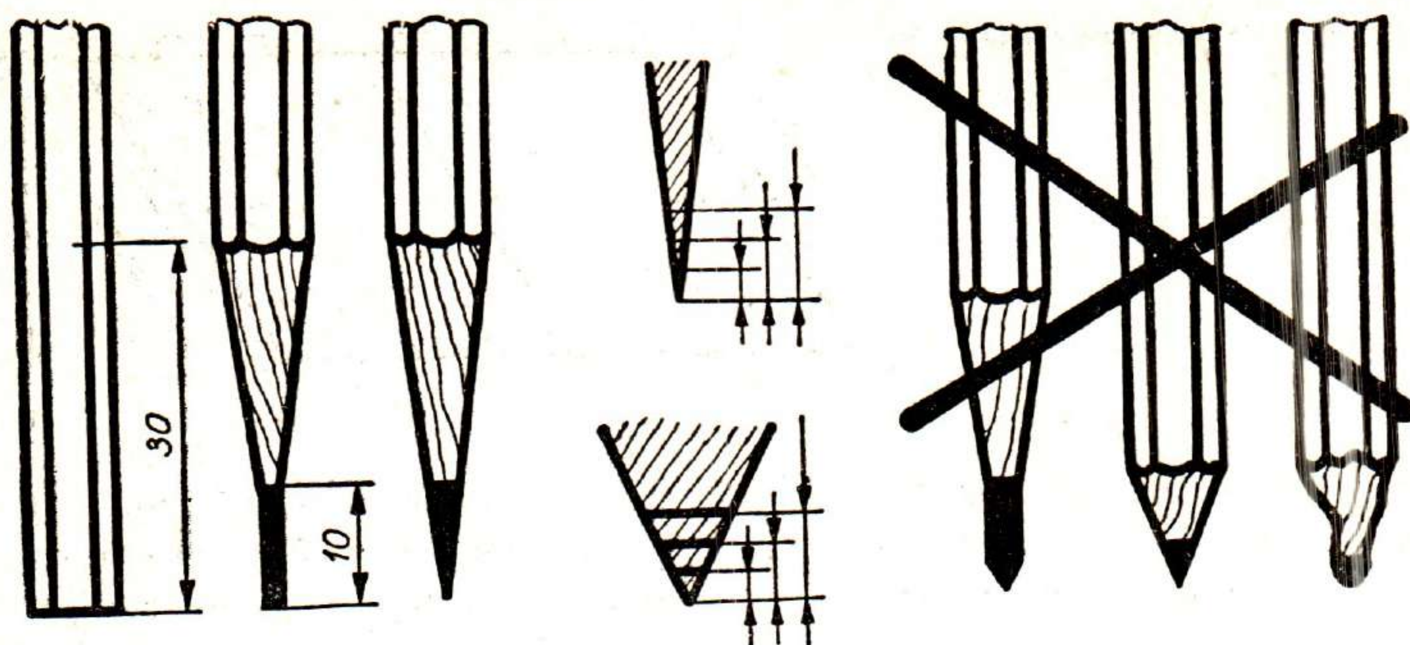
Priprema olovaka

Olovaka ima različitih tvrdoća i različitih izvedaba. Različite širine crta ostvaruju se različitim tvrdoćama, pa za crtanje treba više olovaka. Bolje olovke označuju se slovima: sa H tvrde, sa B mekane. Stupanj tvrdoće daje se brojem uza slovo, pa postoje ove skupine:

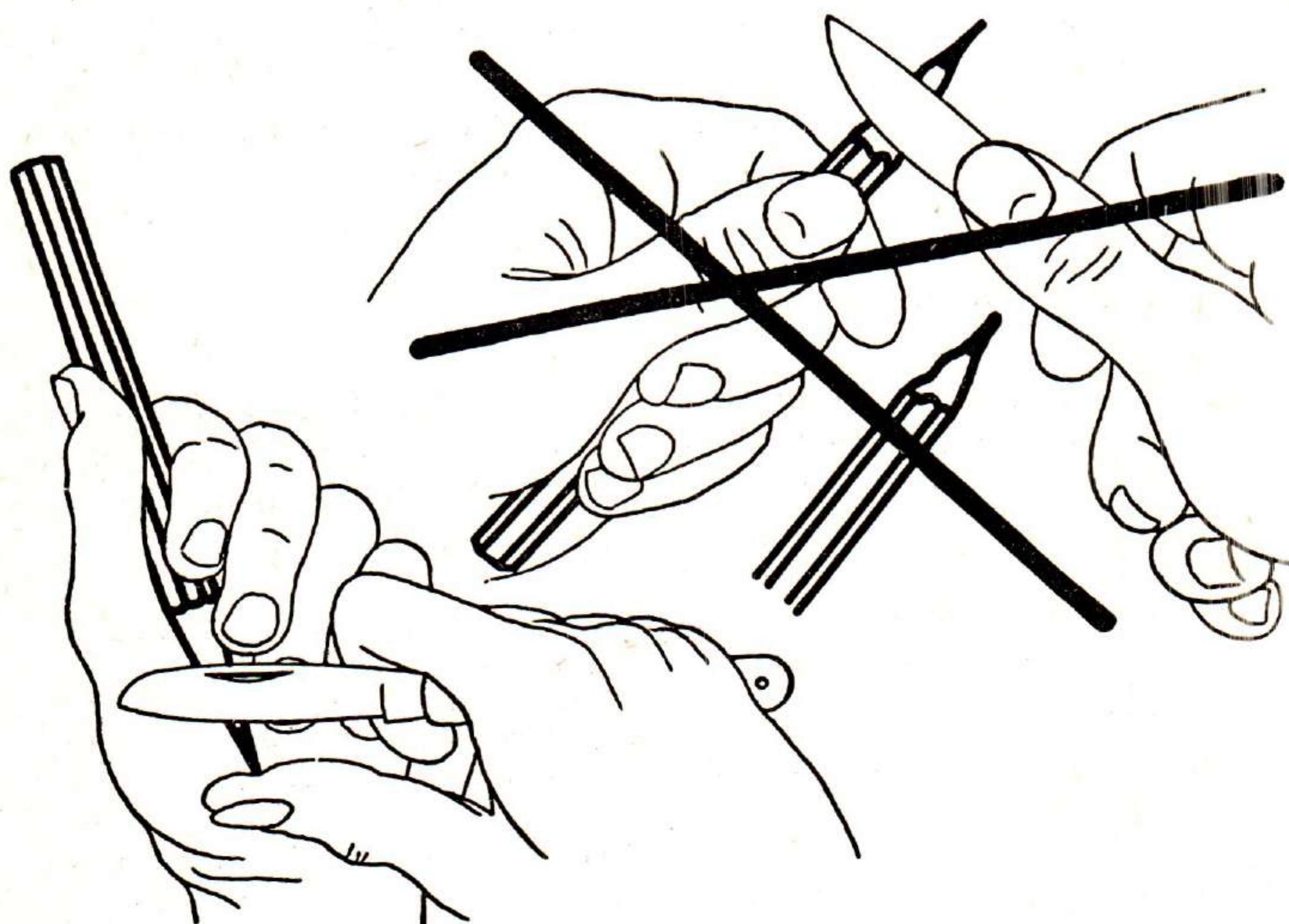
9 **H** do 6 **H** vrlo tvrde	**H** i **F** srednje
5 **H** i 4 **H** srednje tvrde	**HB** i **B** mekane
3 **H** i 2 **H** tvrde	2 **B** do 6 **B** vrlo mekane

Za obično pisanje podesne su mekane olovke, a za crtanje mekane za deblje, a tvrde za tanje crte. Primjena olovaka zavisi od vrste papira i običaja u pojedinoj struci.

Izvedba olovaka može biti tehnička u koje se ulaže mina i normalna s oblogom od drveta. Olovku treba oštriti. Za oštrenje normalnih olovaka treba nožić ili šiljilo, a za oštrenje tehničkih olovaka smirkov papir nalijepljen na daščicu s komadićem sukna, sve uloženo u korice da ne maže ostali pribor. Oštri se na suprotne strane oznake da oznaka ostane vidljiva i na maloj olovčici. Šiljak tvrdih olovaka mora biti dugačak do tvrdoće HB oko 30 mm, a kod mekanijih nešto kraći da se mina ne lomi.



3. Ispravno i neispravno oštrenje olovaka



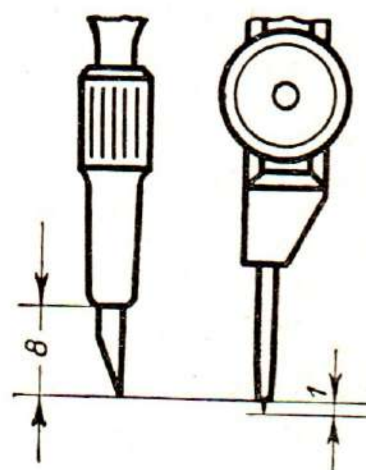
4. Držanje olovke i nožića pri oštrenju

Duljina mine je oko 10 mm, naoštrena u koničnu oštricu (sl. 3.). Kad je olovka tako naoštrena crte će biti jednolične širine, a šiljak će trajati dulje nego ako je tupo naoštrena (povećano sl. 3.). Na istoj slici prikazano je nekoliko češćih primjera loše naoštrenih olovaka, kojima se ne može postići kvalitetan rad.

Pri oštrenju se olovka drži u lijevoj, a nožić u desnoj ruci. Olovka se prisloni na palac desne ruke, a nož se povlači prema kraju olovke (sl. 4.). Poslije svakog zareza olovka se malo okrene. Oštri se iznad komada papira, a ne iznad crteža da se taj ne zaprlja. Grafitna mina se zaoštri na smirkovu papiru i obriše o sukno, ili se oštri nožićem tako da se šiljak prisloni na papir i olovka okreće poslije svakog zareza. Oštrenje šiljilom mora dati slične razmjere oštrice. Šiljila koja daju tupu kratku oštricu služe za vrlo mekane olovke i olovke u bojama, a nisu podesna za oštrenje olovaka normalnih tvrdoća. Ima šiljila i za dugačku oštricu, obično ona u koja se umeće britvica. Upotrebljava li se tehnička olovka s minama, otpada oštrenje nožićem, pa je potrebna samo daščica sa smirkovim papirom i suknom u koricama, ili malo šiljilo za mine. Danas tvornica Staedtler Mars i druge proizvode tehničke olovke s minama širine 0,5, 0,7 i 0,9 mm, pa otpada svako oštrenje. Mina normalne tehničke olovke je širine 1,2 mm.

Olovku u šestaru valja također prirediti da se mogu vući kružnice i lukovi što manjeg promjera. To će biti ako šiljak igle i olovke bude u istoj visini i ako je olovka naoštrena koso prema šiljku igle (sl. 5.).

Ostala priprema sastoji se u tome da obrišemo prašinu s pribora i da započnemo posao čistih ruku da crtež ostane čist do završetka. Ako crtaća pera ne mogu vući tanke crte jer su tupa, treba ih dati stručnjaku da ih nabrusi.

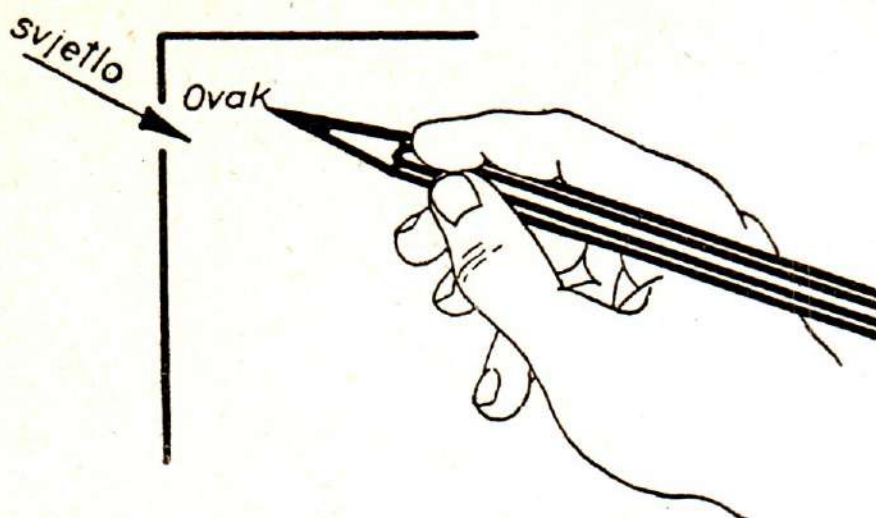


5. Priprema šestara za rad

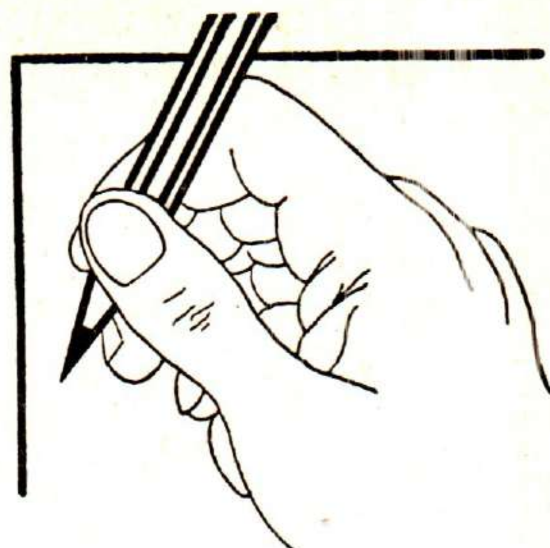
Pitanja: 1. Glavne skupine pribora za crtanje. — **2.** Nabrojte nekoliko primjera pribora od svake skupine. — **3.** U koju skupinu pribora spada: trokut, guma, olovka, crtaća daska, krivuljari, kutomjer, boje, crtaći papir? — **4.** Kako se označuju bolje vrste olovaka i što znače te oznake? — **5.** Kakvu olovku biste odabrali za pisanje za uložni šestar, za vučenje tankih crta? — **6.** U čemu je prednost tehničke olovke s minom ispred obične u drvetu? — **7.** Na kojem kraju se počinje oštriti obična olovka? — **8.** Pokažite primjerom kako se oštri obična olovka u drvetu. — **9.** Pokažite primjerom kako se oštri mina tehničke olovke. — **10.** Kakav pribor treba za oštrenje tvrdih olovaka u drvetu, za oštrenje mina tehničkih olovaka? — **11.** Koliko je dugačak šiljak tvrde olovke i zašto? — **12.** Kako se oštri mina u šestaru? — **13.** Koje olovke ne treba oštriti?

Rukovanje priborom

U radu se treba postaviti prema svjetlu tako da sjena olovke i trokuta ne smeta. To će biti ako svjetlo pada s lijeve strane. Zbog toga su i prozori u učionici slijeva.



6. Pri pisanju drži se olovka između tri prsta i nagnuta udesno prema tijelu



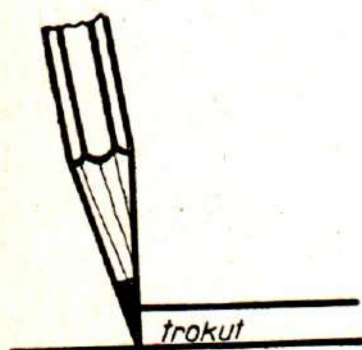
7. Točka se označuje gotovo okomitim položajem olovke

Olovka za pisanje drži se između tri prsta i nagnuta je otprilike za 45° prema tijelu i nešto udesno (sl. 6.). Mora biti dovoljno dugačka da se odupre o dlan iznad prstiju. Ako je kraća treba upotrijebiti produžetak.

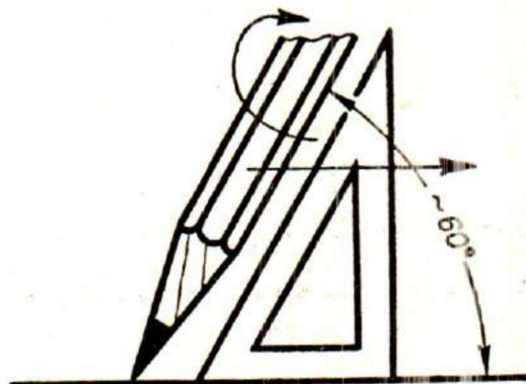
Točke se označuju približno okomitim položajem olovke prema papiru, a pri tome se mali prst i dlan oslanja o papir (sl. 7.). Smještaj olovke u zadanu točku treba vježbati odmicanjem i ponovnim upiranjem olovke u tu točku da ostane trag. Poklapanje traga zadane i obilježene točke je dokaz da se svladava ta vježba.

Crte se vuku uvijek slijeva nadesno. Olovka se drži tako da oštrica bude priljubljena uz cijelu debljinu trokuta i nešto nagnuta u smjeru izvlačenja crte (sl. 8.). Dok se crta izvlači, ostaje olovka usporedna svom prvobitnom položaju, a pritisak mora biti jednoličan i ne suviše jak. Trag se ne smije vidjeti sa stražnje strane papira. Kontrolirajte to! Mali prst klizi po površini trokuta ili ravnala.

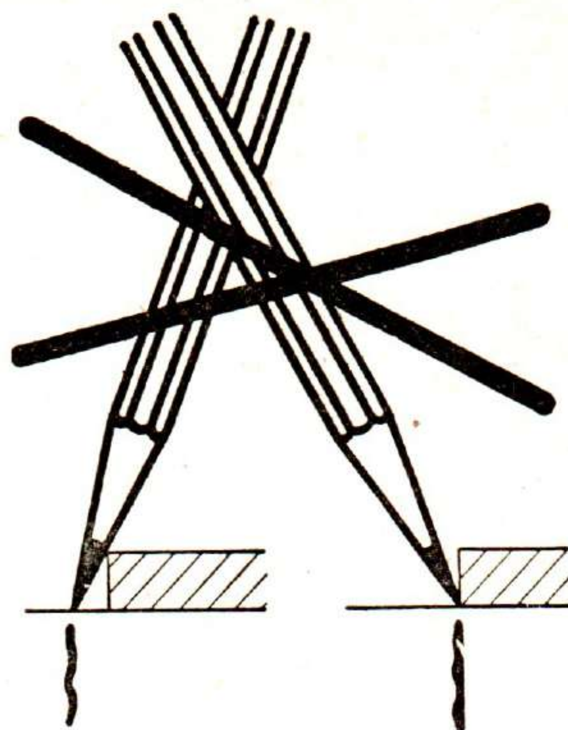
Pogrešno je držanje olovke kad se drži odmaknuto i povlači gornjim rubom trokuta, ili kad se šiljkom olovke »kopa« pod trokut (sl. 9.). Također je pogrešan smjer vučenja crta zdesna nalijevo, protivno nagibu olovke, jer oštrica može zadrti u papir. Crtu valja povući jednim potezom, a ne vraćati se više puta po istoj crti, pogotovu ne u različitim



8. Kad se vuče crta, priljubi se olovka uz bočnu stranu trokuta i nagne u smjeru izvlačenja



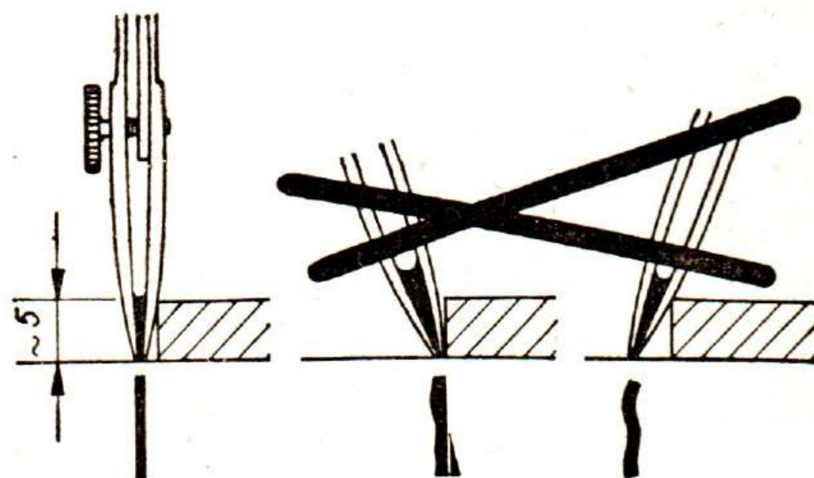
smjerovima. Trokut treba odmaknuti od zadanih točaka kroz koje prolazi crta za debljinu oštrice olovke, tj. manje kod tanje, a nešto više kod šire crte. Treba zadati točke i vježbati smještaj trokuta da crta prolazi točno zadanim točkama. Dobro je uprijeti olovkom u točku kroz koju mora proći crta, prisloniti trokut pa odmaknuti olovku da se uoči razmak zadane točke i trokuta.



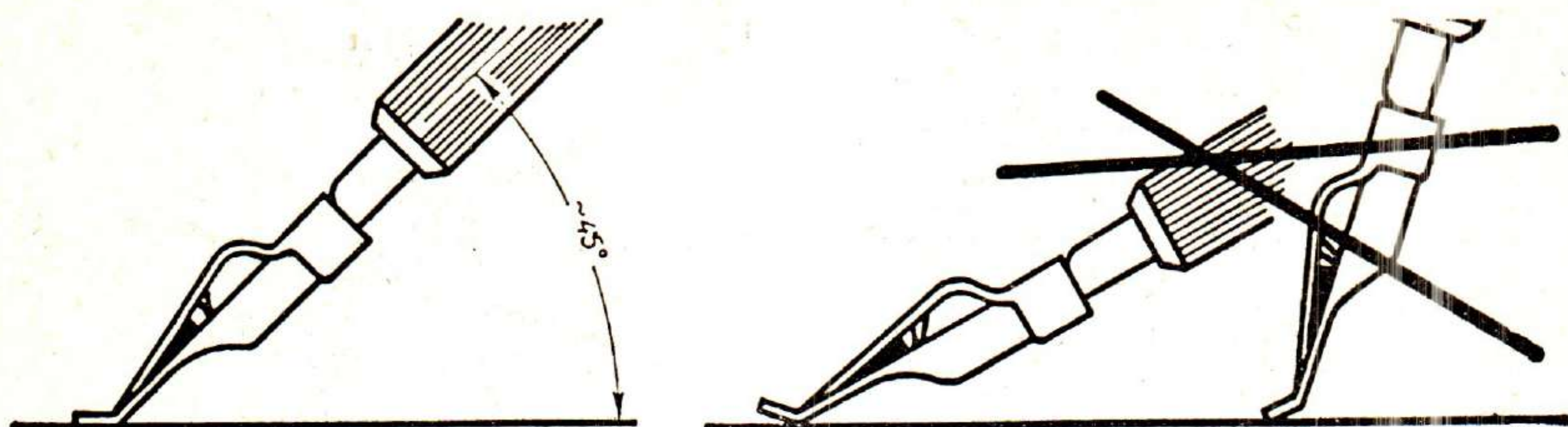
9. Pogrešno je ako olovka nije priljubljena uz cijelu debljinu trokuta

Crtaće se pero pri izvlačenju crta tušem drži drukčije. Kad bi se pero priljubilo uz trokut kao olovka, slio bi se tuš s donjim bridom, i pomakom trokuta crtež bi se zamazao. Zbog toga treba vršak pera odmaknuti od trokuta, pa se crta vuče pomicanjem pera sa zaobljenom stranom uz gornji rub trokuta da unutrašnje plohe pera budu usporedne s trokutom (sl. 10.). Nagib pera je u smjeru vučenja crte kao i kod olovke, a mali prst također klizi po površini trokuta i oslonac je ruci pri vučenju crte. Trokut je odmaknut od zadanih točaka nešto više nego pri vučenju crta olovkom. Vidimo da je pogrešno držanje olovke pri vučenju crta upravo ispravno držanje crtaćeg pera.

Pero s držalom i sitno kotir-pero drži se normalno kao i olovka pri opisivanju. Kod redis-pera mora stopica ležati svojom cijelom površinom na papiru da crta bude jednolične širine (sl. 11.). Ako se drukčije drži neće crta biti oštrih rubova, ili pero uopće neće ostaviti trag. Da završetak crte bude pravilnog polukružnog oblika, odiže se pero na kraju crte okomito s površine papira. Loše redis-pero može se malo popraviti po-



10. Crtaće pero klizi uz gornji rub trokuta; ako se drži poput olovke, crtež će se zapackati, a suviše veliki nagib neće dati dobru crtu

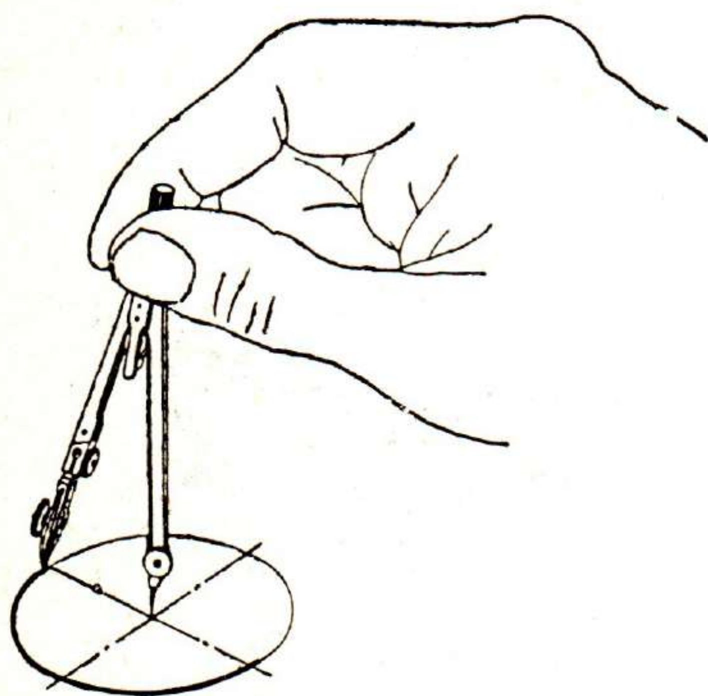


11. Stopica redis-pera mora cijelom površinom dodirivati papir

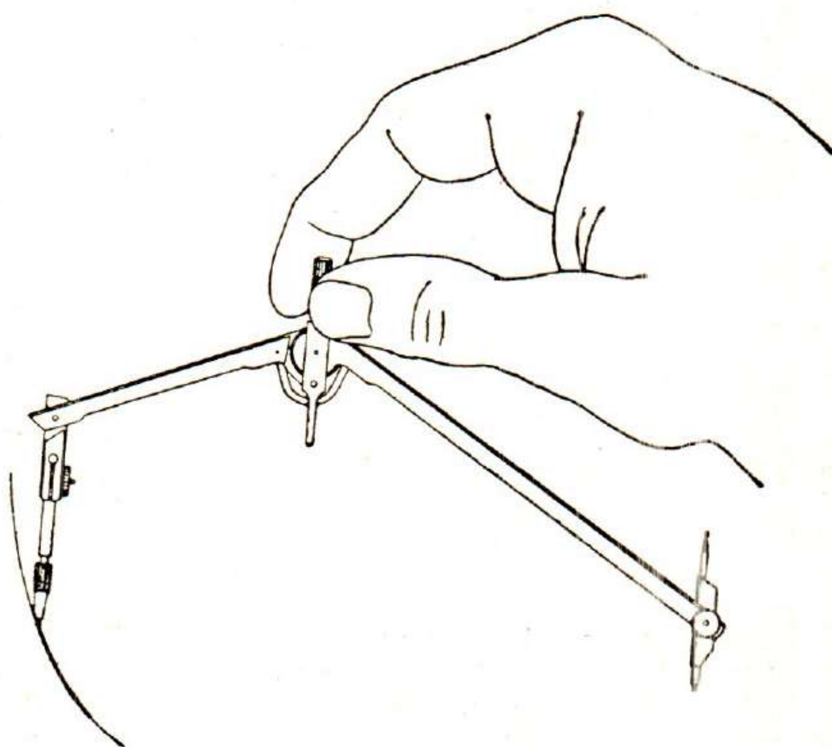
vlačenjem stopice u položaju za pisanje po brusu ili finom smirkovom papiru.

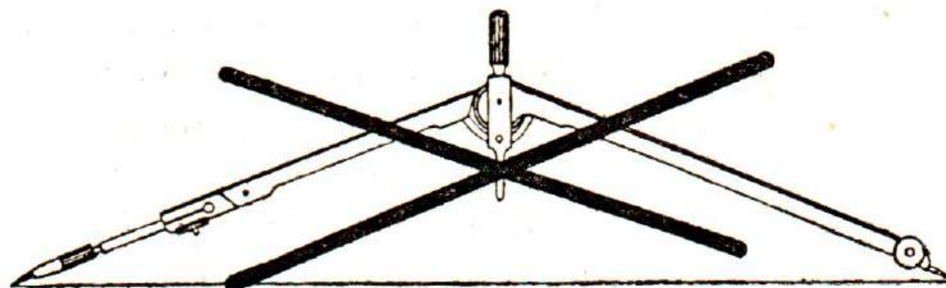
Šestarima se rukuje različito, prema vrsti šestara. U središte se stavlja šiljak držeći manji šestar za držak, a veći za krak palcem i kažiprstom, dok se donji prsti prislone na krak šestara i površinu papira da ruka ima oslonac. Crte se povlače jednolično u smjeru kazaljke na satu, a drži se za držak palcem i kažiprstom desne ruke (sl. 12.), s neznatnim nagibom u smjeru izvlačenja. Visina šiljka igle i olovke, odnosno crtaćeg pera, mora biti u istoj visini. Za veće se kružnice krakovi u zglobu svinu da budu približno okomiti na papir (sl. 13.) i namještaju s dvije

12. Šestar se drži za držak, a crte se vuku u smjeru kazaljke na satu



13. Za velike kružnice moraju krakovi biti približno okomiti na površinu papira



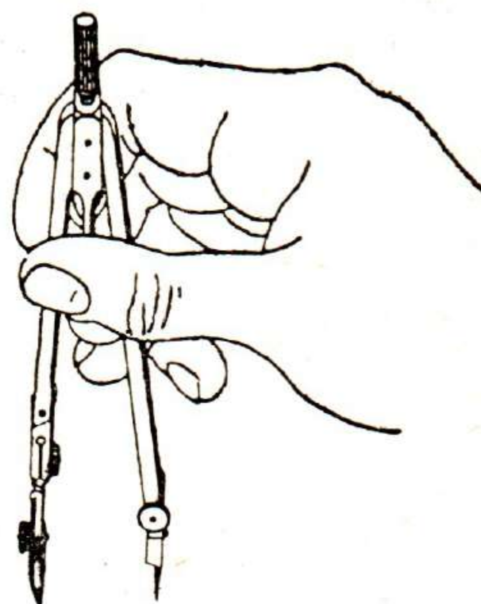


14. Nesavijenim krakovima šestara ne može se vući crta velikih kružnica

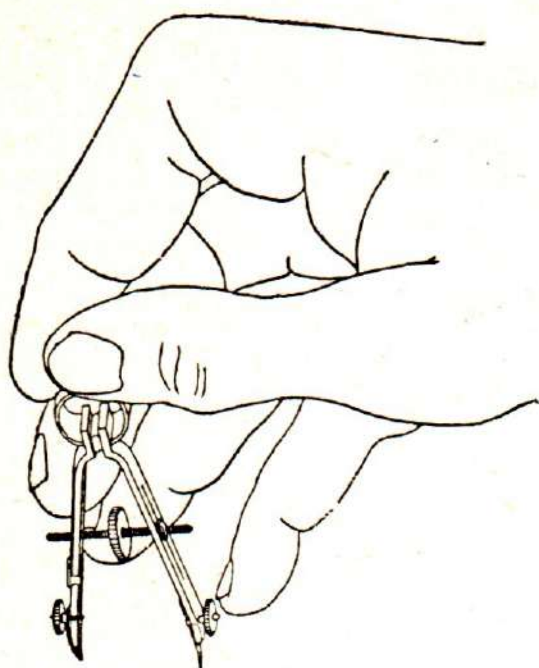
ruke. Inače bi šiljak igle iskočio iz središta ili bi izdubao tako veliku rupu da se početak i završetak kružnice ne bi podudarali, ili crtaće pero uopće ne bi vuklo crte jer oba vrha ne dotiču papir (sl. 14.). Nije li dovoljno dug krak šestara, stavlja se produžak koji se nalazi u svakoj boljoj kutiji šestara. Rad s produškom je težak, i valja biti vrlo oprezan. Šestar s produškom nije dovoljno krut, pa se često krajevi kružnice ne poklapaju.

Namještanje krakova šestara na određeni polumjer vrši se samo desnom rukom. Krak sa šiljkom drži se palcem i četvrtim prstom, a drugi krak se namješta drugim i trećim prstom (sl. 15.). Pri izvlačenju luka ili kružnice prihvati se za držak šestara. (Neki drže jedan krak palcem i kažiprstom, a drugi namještaju srednjim i četvrtim prstom.) Treba provoditi vježbe u ispravnom držanju šestara; najbolje je zadati veličinu polumjera i središte, pa namjestiti krakove na dani polumjer, zabosti šestar u središte i povlačiti kružnicu. Pri tome treba misliti na ispravan zahvat i prehvaćaj. U početku će taj rad ići polako, a kasnije, kad pređe u naviku, brže i bez razmišljanja.

U većoj kutiji šestara ima pored uložnog još razdjelni šestar s vijkom u sredini za točno nanošenje manjih jednakih dijelova, bodni šestar s iglama na oba kraka za nanošenje većih dijelova i nul-šestar za male kružnice.

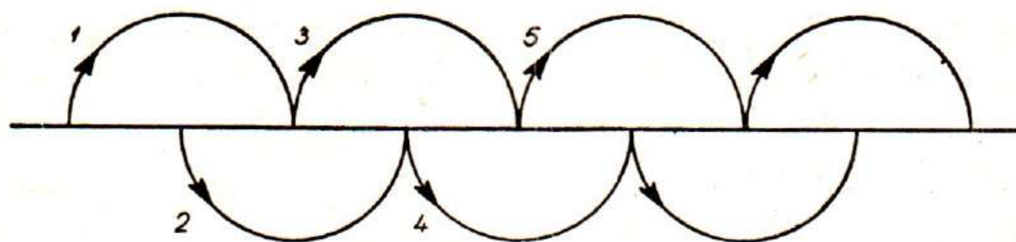


15. Polumjer se namješta prstima jedne ruke



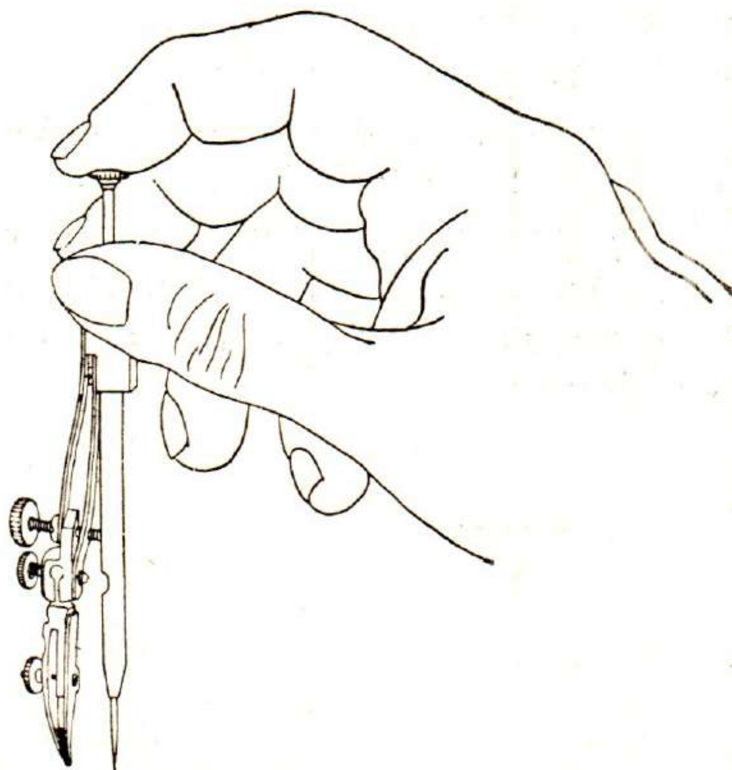
16. Razdjelni šestar drži se palcem i kažiprstom, a srednjim prstom se pomiče vijak

Razdjelni šestar drži se za držak palcem i kažiprstom, četvrtim prstom se pak pomiče vijak i time namješta razmak igala (sl. 16.). Bodni šestar namješta se na željeni razmak šiljaka kao uložni šestar na veličinu polumjera: jedan krak se drži palcem i četvrtim prstom, a drugi se namješta drugim i trećim prstom. Dijelovi se prenose naizmjenično okretanjem razdjelnog ili bodnog šestara za 180° na jednu i na drugu stranu (sl. 17.). Nul-šestar se drži palcem i srednjim prstom za glavu, a kažiprstom se pritisne igla (sl. 18.), pa se tim zahvatom igla namjesti u sre-

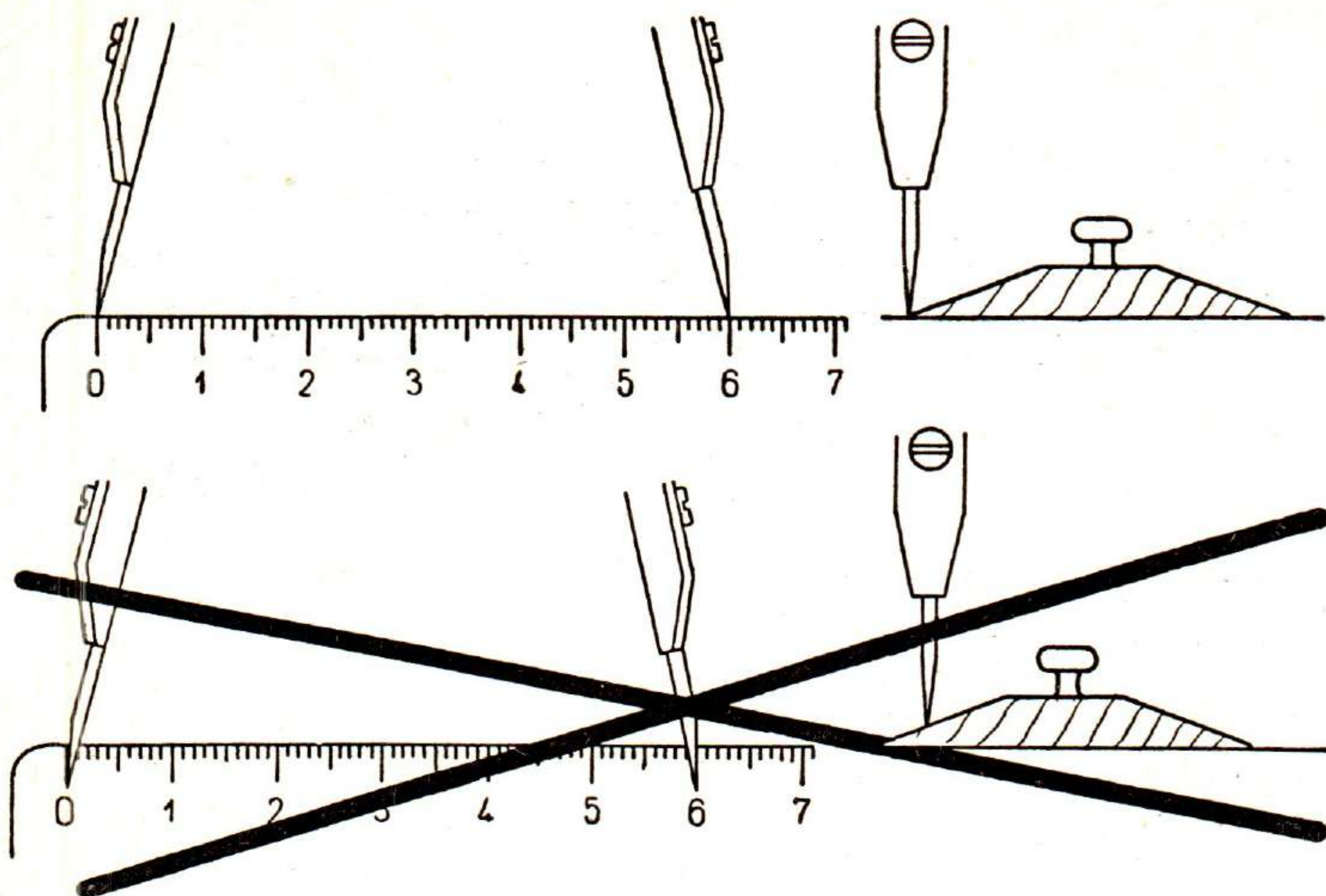


17. Dijelovi se prenose naizmjeničnim pomicanjem bodnog ili razdjelnog šestara za 180°

dište tako da se donji prsti prislone o površinu papira. Zatim se otpusti palac i srednji prst, i srednjim prstom okreće šestar po narovašenoj glavi. Veličina polumjera regulira se vijkom.



18. Kod nul-šestara kažiprst pritišće iglu, a srednji prst okreće šestar

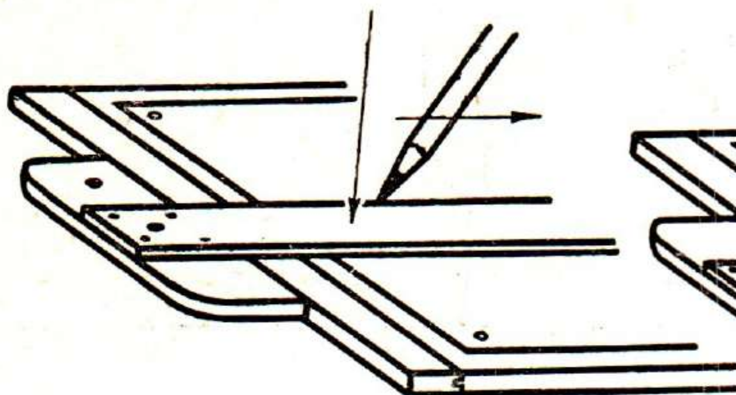


19. Pri namještanju polumjera na određenu veličinu šestar se ubada u papir, a ne u mjerilo

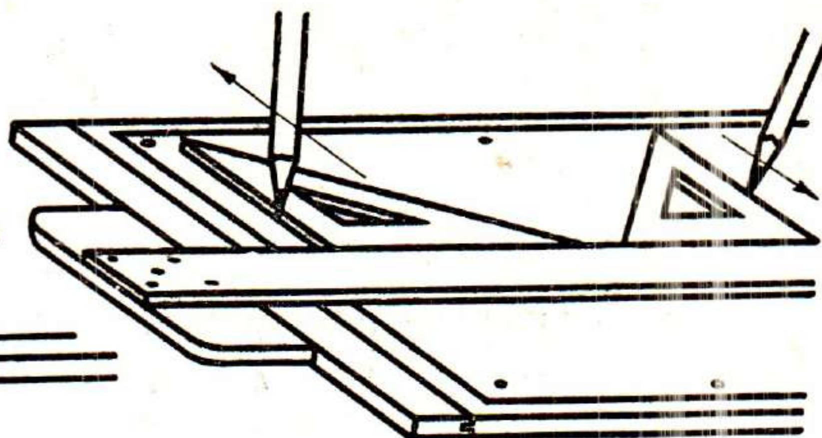
Uzima li se veličina polumjera bilo kojim šestarom pomoću mjerila, ne smije se šiljak šestara zabadati u mjerilo, nego u papir, a mjerilo se prisloni i očita mjera (sl. 19.). Zabadanjem u mjerilo ono bi se brzo uništilo.

Priložnikom se vuku vodoravne crte na crtaćoj dasci. Glava priložnika se smije prislanjati samo uz lijevu letvicu daske, jer stranice daske nisu međusobno ni okomite ni usporedne. Lijevom se rukom prihvati glava priložnika i pomakne uz lijevi rub daske do željena položaja. Zatim se lijeva ruka pomakne i prstima pritisne ravnalo priložnika ispod mjesta gdje se crta (sl. 20.). Crte se vuku desnom rukom slijeva nadesno, a mali prst klizi po ravnalu priložnika.

Uspravne crte na crtaćoj dasci vuku se trokutom 30—60° prislonjenim o priložnik (sl. 21.). Lijevom rukom se namjesti priložnik, prihvati ispod radnog mjesta, kako je gore opisano, a desnom se namjesti trokut klizanjem po ravnalu priložnika. Zatim se opet prihvati da palac i mali prst pridržavaju priložnik, a ostali prsti trokut. Pri ispravnom svjetlu s lijeve strane trokut je nadesno od buduće crte, pa se crta vuče od pri-



20. Lijevom rukom se pridržava priložnik i trokut, a desnom se vuče crta slijeva nadesno



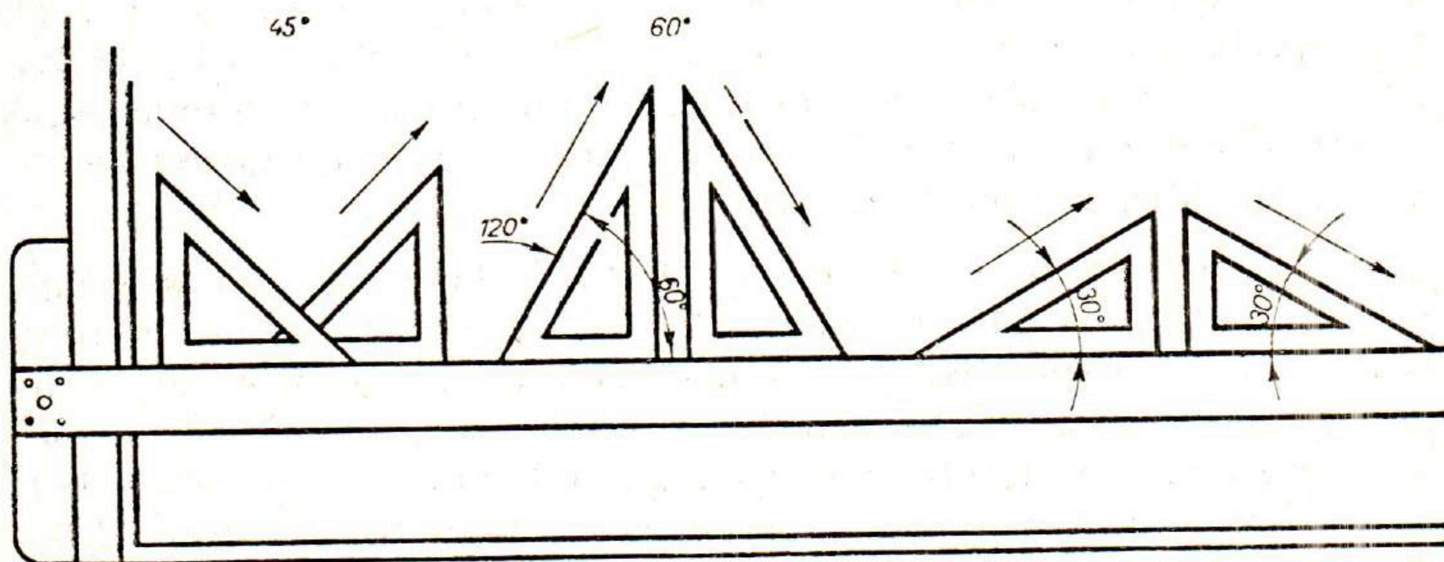
21. Lijevom rukom se drži priložnik i trokut, a desnom se vuče crta

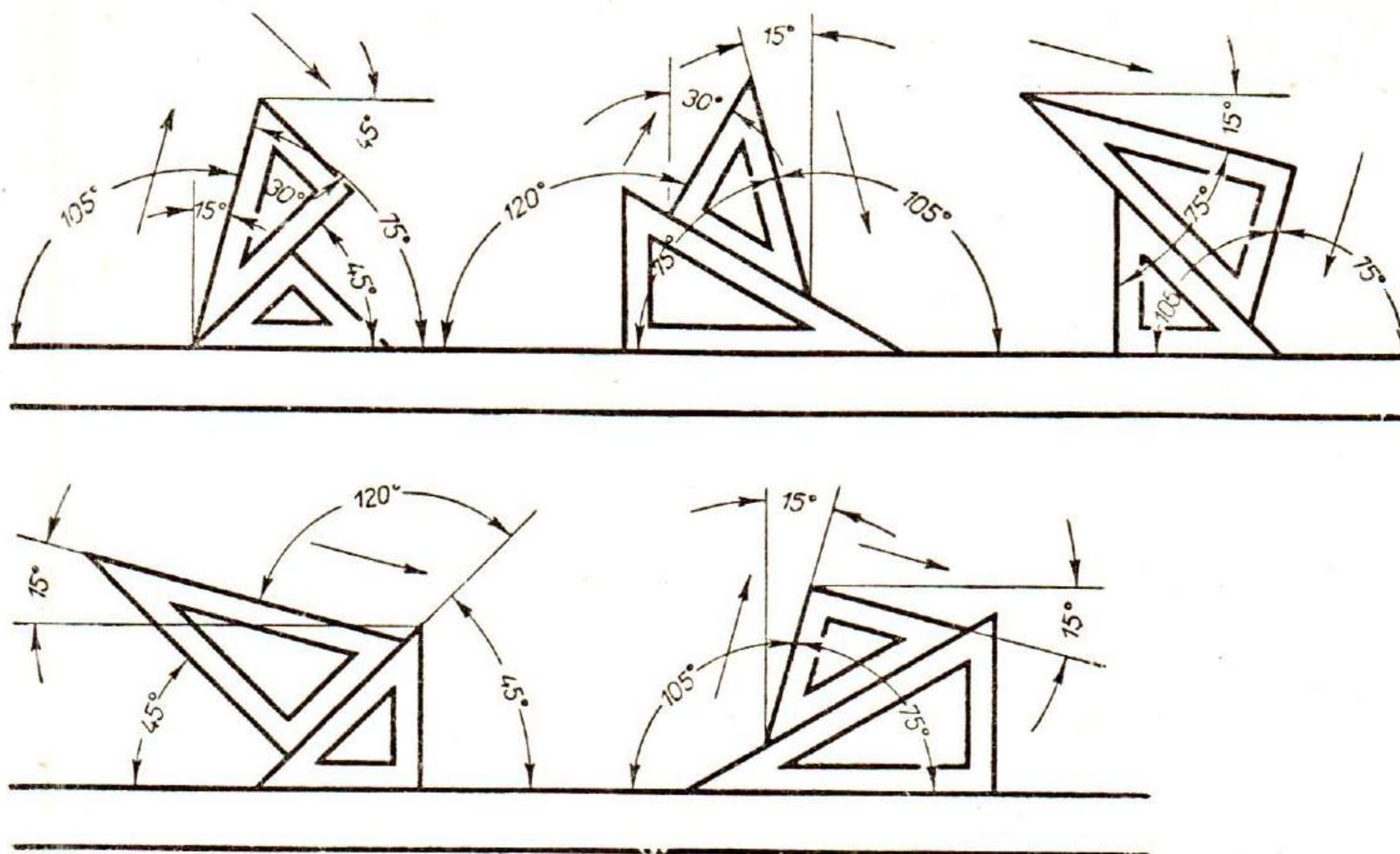
ložnika prema gore, tj. slijeva nadesno. Pri neispravnom svjetlu s desne strane trokut se namjesti s lijeve strane crte, a crta vuče prema priložniku, tj. opet slijeva nadesno (sl. 21.).

Kose crte pod uobičajenim kutovima 30° — 45° — 60° — 120° vuku se s jednim trokutom i priložnikom uz zahvate kao i kod vertikala (sl. 22.). S dva trokuta moguće su različite kombinacije, a najčešći su kutovi 15° i 75° (sl. 23.).

Usporednice s dva trokuta vuku se izmjeničnim pridržavanjem jednog i pomicanjem drugog trokuta. Jedna stranica trokuta namjesti se uza zadani pravac, a uz drugu stranicu istog trokuta prisloni se drugi trokut. Izmjeničnim pomicanjem jednog, a pridržavanjem drugog trokuta dovest će se stranica, koja je bila namještena uza zadani pravac do po-

22. S priložnikom i jednim trokutom vuku se kutovi od 30° — 45° — 60° — 120°





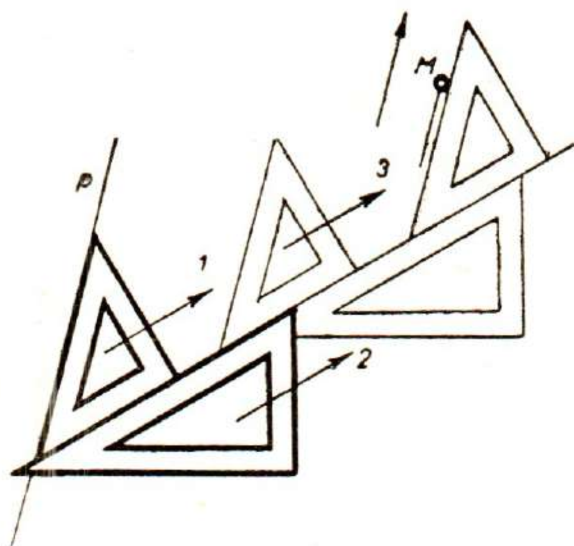
23. Kombinacijom priložnika i dva trokuta dadu se izvući češći kutovi od 15° — 75° — 105° i drugi

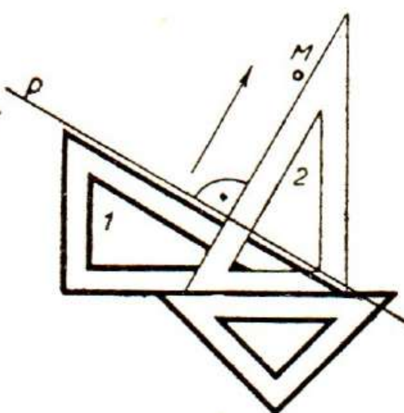
ložaja, da se povuče usporednica (sl. 24.). Radna stranica trokuta, koja se namjestila uz zadani pravac i kojom se vukao usporedan pravac, nije mijenjala smjer i bila je uvijek sama sebi usporedna. Drugi trokut mogao se namještati uz bilo koju od druge dvije stranice, pa i premještati

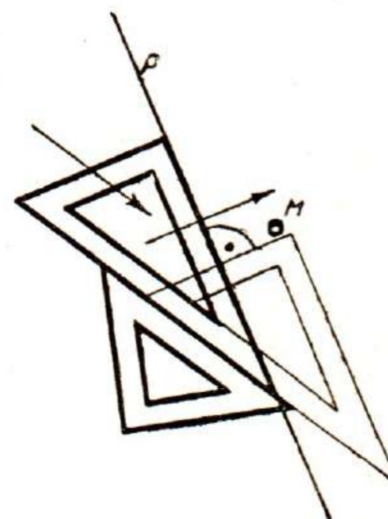
24. Vučenje usporednica vrši se podržavanjem jednog i pomicanjem drugog trokuta

25. Vučenje okomice hipotenuzom i zakretanjem oko pravog kuta

26. Vučenje okomice pomoću katete jednog trokuta







za vrijeme vođenja u željeni položaj. Uputno je da se trokuti ne odižu s površine papira i da se ne povlači do nakraj trokuta jer bi se mogao ukositi. Dobro je da oslonac bude u većoj duljini, oko $1/2$ dužine stranice.

Okomice se mogu vući na dva načina:

1. hipotenuzom i zakretanjem oko pravoga kuta i

2. primjenom obiju kateta.

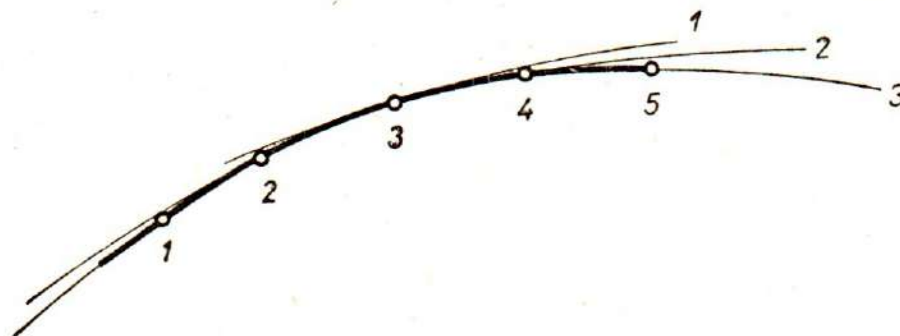
Stručniji je prvi način. Hipotenuza trokuta namjesti se uza zadani pravac, uz katetu se prisloni drugi trokut, pa onda prvi okrene oko pravoga kuta ne odižući ga s papira. Pravac povučen s istom hipotenuzom okomica je na zadani pravac (sl. 25.). Često treba podizanje okomice kombinirati s vučenjem usporednica da se povuče okomica kroz zadanu točku. Na drugi način uza zadani pravac namjesti se kateta, drugi se trokut prisloni uz hipotenuzu, pa prvi pomakne da druga kateta prolazi zadanom točkom (sl. 26.).

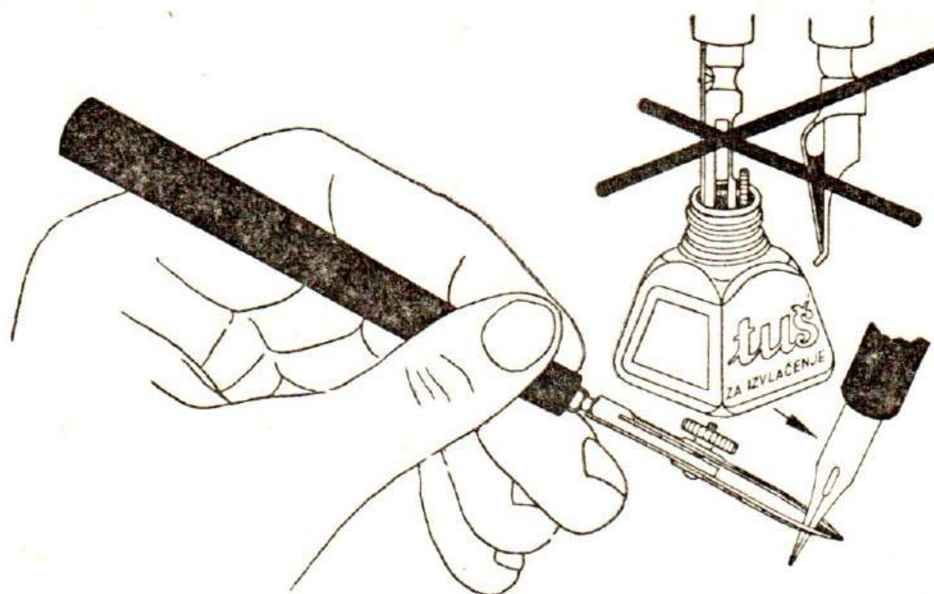
Kad je crta sastavljena od lukova i ravnih dijelova, kružnim lukovima izvuče se najprije luk, pa onda nastavlja ravni dio. Lakše je podešavati crtu prema luku nego obrnuto. Luk ima svoje središte koje se teško podešava tako da se kraj luka malo pomakne i nastavi na ravnu crtu.

Krivulje koje se izvlače krivuljarima moraju biti jednolično zakrivljene, bez oštrih prelaza. Vuku se u dijelovima, a spojevi ne smiju biti vidljivi. Krivuljar se namjesti tako da dira najmanje tri točke (sl. 27.), izvuče se crta, a onda pomakne da obuhvati dvije stare i jednu ili više novih točaka. Pri vučenju tušem valja pero zakretati da unutarnje plohe pera budu usporedne s krivuljarom. Pero se odiže s papira okomito da rubovi ostanu oštri i podesni za nastavak krivulje.

Crtaće i redis-pero ne zamaču se u bočicu s tušem kao obična pera, nego se pune pomoćnim perom, cjevčicom u čepu bočice, a ako je tuš u

27. Krivuljarom treba spojiti tri točke krivulje, od toga dvije stare





28. Crtaće i redis-pero puni se pomoćnim perom, cjevčicom ili patronom tuša, a nikada se ne umače u bočicu kao obično pero

patronama, vadi se igla i pritiskom na gumicu sa stražnje strane istisne se tuš. Povlači se između krakova prema šiljku koji je nagnut prema dolje (sl. 28.). Nije uputno da se puni iznad crteža da tuš ne kapne na crtež. Primjenom tušir-pera (naliv pera za tuš) otpada punjenje tušem i namještanje crte na željenu širinu, no takva tušir-pera upotrebljavaju stručnjaci koji mnogo crtaju.

Kad se crta, valja uvijek nešto brisati. Brisanjem se ozljeđuje površina papira i brisani se papir zbog hrapavosti brže prlja. Zato je uputno da se crtež u toku rada što manje briše i time zadrži neozlijeđena glatka površina papira. Za brisanje kratkih crta treba guma s oštrim rubom. Zbog toga valja pri brisanju dugih crta i većih površina gumu držati koso da se brisanjem oštri i da imamo taj rub za brisanje kratkih i uskih crtica.

Crtež tušem mora imati pravilne i oštre uglove, a to se ne postigne odmah crtaćim perima. Poslije dovršenog rada treba kotir-perom obići svaki ugao i dopuniti ono što nedostaje (nedovučene crte) a britvicom ili stružnim perom ostrugati pretičke. Struganje većih ploha i dugačkih crta mora se provoditi na ravnoj podlozi (staklo, celuloidni trokut i sl.) da se papir ne prodere i laganim, jedva primjetnim pritiskom britvice. Pri struganju često se mijenja smjer povlačenja (u smjeru crte, okomito na nju, pod lijevim i desnim kutom od 45°). Na papiru se ne smije vidjeti da je nešto brisano, osim kad se promatra prema svjetlu, gdje se vidi da je na brisanom mjestu papir nešto tanji.

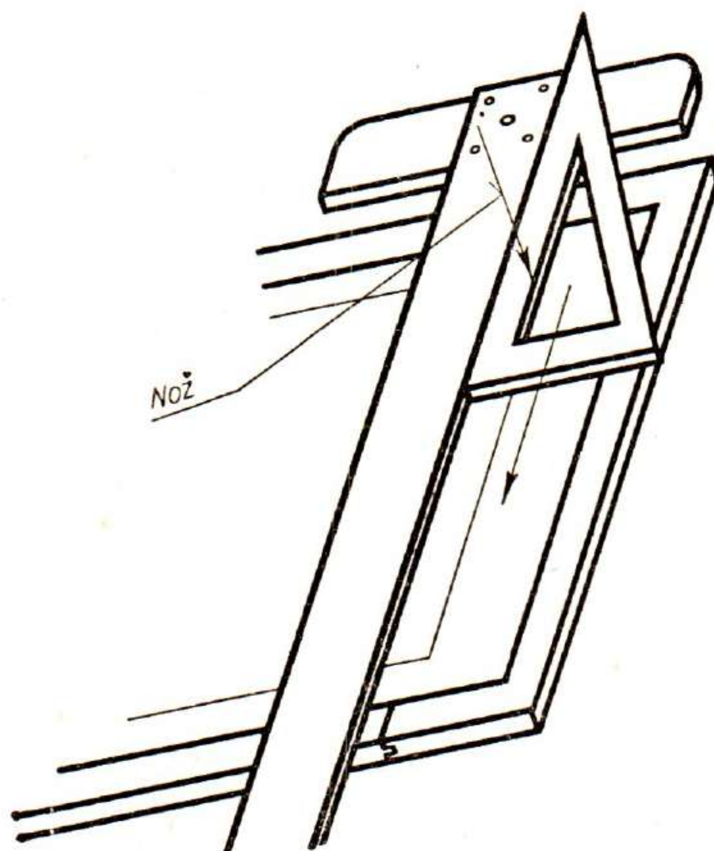
Dobar papir bit će na brisanom mjestu glađi. Da crta tušem na tom mjestu ne bude deblja, treba strugano mjesto prebrisati tvrdom gumom

ili premazati mekom olovkom. Lošiji papir će nakon struganja imati dlačice, a te valja zagladiti noktom, rubom glatkog nožića i sl.

Cijela ploha dovršenog i tušem izvučenog crteža čisti se mrvicama mekog kruha tako da se trlja po površini papira čistim suhim rukama ili pomoćnim čistim papirom.

Crtež se ne smije obrezivati dok je pričvršćen na crtaćoj dasci jer bi od noža ostao utor i daska bi se ozlijedila. Reže se na tvrdoj letvici sa strane daske, ali ne radnom stranom priložnika ili trokuta jer se uvijek dogodi da se zareže u drvo. Ako se radi zarezanim trokutom, svaka će crta preko tog zarezanog mjesta biti kriva. Najbolje je da se priložnik namjesti uz crtu po kojoj se reže, zatim odmakne za širinu stranice trokuta. Uz priložnik se prisloni trokut, a s unutarnje strane stranice prisloni se nož ili britvica, i mali prst se smjesti u rub između dvije stranice. Lijevom se rukom drži priložnik, a desnom nož, i ruka se pomiče prema dolje (sl. 29.). Tako klizi trokut po priložniku, a nož ostaje na istom mjestu i ne može zarezati. Iskusniji crtači zamjenjuju trokut šesterostranom olovkom. Prvi se rez vrši laganim pritiskom da se u papiru učini utor, a drugim rezom, uz jači pritisak, papir se odreže. Lijeva se ruka ne smije odmaknuti dok papir nije odrezan. Ako je nož tup ili pritisak nije jednoličan, neće papir biti odrezan drugim rezom. Rezanje škarama nije stručno jer rez neće biti ravan.

29. Crtež se obrezuje pomicanjem trokuta po priložniku, a nož se prisloni s unutarnje strane trokuta



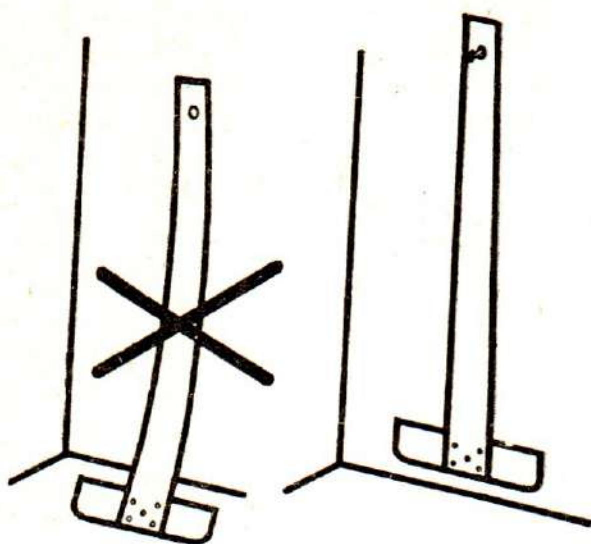
Pitanja: **1.** Kako se morate postaviti za crtanje da ispravno iskoristite svjetlo? — **2.** Opišite i pokažite primjerom kako valja držati olovku pri pisanju. — **3.** Označite točku i ponovo uprite olovkom u istu točku. Pazite na držanje olovke i ruke. — **4.** U kojem smjeru se vuku ravne crte? — **5.** Opišite i pokažite primjerom kako se drži olovka pri povlačenju ravnih crta. — **6.** Izvucite nekoliko crta različitih širina, a pri tome pazite na držanje olovke i na pritisak. — **7.** Pokažite ispravno držanje držala s perom za pisanje. — **8.** Na što treba paziti kada se piše redis-perom? — **9.** Kako se odiže redis-pero na kraju slova? — **10.** Zabodite šestar točno u središte zadano križanjem tankih crta i pazite kako pri tome držite šestar. — **11.** Zabodite šestar u središte i opišite luk oko 1/4 kružnice. — **12.** U kojem smjeru se vuku kružnice i lukovi šestara i kako se pri tome drži šestar? — **13.** Kako se mora prirediti šestar, da se može povući kružnica malog promjera? — **14.** Priredite šestar za vučenje velikog luka. — **15.** Povucite iz danog središta polukrug s polumjerom 10, 65, 153 mm. — **16.** Nacrtajte tanku crtu i na nju prenesite 5 dijelova po 12 mm. — **17.** Nacrtajte kružnicu promjera 75 mm, pa na nju nanesite 5 dijelova po 34 mm. — **18.** Označite točke u pitanju 17. što manjim kružićima pomoću nul-šestara. — **19.** Povucite u sredini crtaće daske dvije vodoravne crte u udaljenosti 297 mm. — **20.** Povucite u sredini crtaće daske dvije vertikale u udaljenosti 210 mm. — **21.** Koje kutove možete izvući jednim trokutom? — **32.** Povucite na crtaćoj dasci zadanim vrhom kut 30° — 60° — 45° — 120° da jedan krak bude jednom vodoravan, a druge iste kutove da jedan krak bude uspravan. — **23.** Povucite kosi pravac i njemu usporedan pravac u udaljenosti 30 cm. — **24.** Na dani pravac povucite okomicu iz zadane točke na pravcu. — **25.** Zadajte sami pravac i točku izvan pravca pa povucite okomicu iz točke na pravac. — **26.** Nacrtajte plosnatu polugu duljine 80 mm s usporednim stranicama u udaljenosti 30 mm koja na obje strane završava polukružno. — **27.** Rezultati nekog ispitivanja nanijeti su točkama u dijagram: zadajte sami točke slično slovu S pa krivuljarom izvucite tu krivulju. — **28.** Izvucite tušem pravokutnik, kružnicu i ostale uobičajene geometrijske likove, najmanje 7 likova. — **29.** Pokažite vašu gumicu, ima li oštricu za brisanje kratkih crta, i kako se ta oštrica ostvaruje? — **30.** Tuš vam je kapnuo na crtež; što sve treba za struganje i kako stružete? — **31.** Na koji način se strugano mjesto osposobljava za crtanje na dobrom i lošem papiru? — **32.** Kako se čisti dovršeni tuširani crtež? — **33.** Pokažite kako biste obrezali crtež na dani format.

Održavanje pribora

Crtež mora u toku rada ostati čist. To će biti ako je čist pribor i ako se pristupa radu čistih ruku, te ako se papir previše ne briše. Prije rada treba sa pribora obrisati prašinu da se ne razmazuje po crtežu. No s vremenom se pribor ipak uprlja i valja ga oprati.

Drveni pribor pere se lako hlapljivom tekućinom, najčešće benzinom. Krpica se natopi benzinom i trlja po drvenom priboru dok ne ostane čista. Vodu bi drvo upilo, nabubrilo bi i iskrivilo bi se. Treba zadržati glatkoću pribora jer na glatkim se prašina i prljavština teže zadržava. Zbog toga je bolji politirani drveni pribor. Brisanje gumom je štetno jer oštećuje glatku površinu.

Pribor od celuloida i ostalih umjetnih tvari pere se krpicom ili spužvom natopljenom običnom vodom i sapunicom i poslije otare dok nije suh.



30. Priložnik valja objesiti da se ne iskrivi

Prljava guma koja maže očisti se trljanjem o čisti papir ili čisto radno odijelo. Crtaća daska čisti se finim smirkovim papirom.

Šestar treba poslije rada obrisati suhom krpicom da se odstrani znoj i masnoća od ruku. Pera valja odlagati čista i nestegnuta da ne izgube elastičnost. Crtaće pero čisti se od tuša vlažnom krpicom, odnosno jezikom se navlaži vršak pera i obriše suhom krpicom. Tuš nije otrovan. Za čišćenje su bolja pera kojima se krakovi mogu pomicati u stranu.

Sav pribor treba odlagati tako da bude u ispravnom stanju za rad. Bridove trokuta i priložnika treba čuvati od udaraca i zareza da budu ravni, pa će i crte koje se povlače uz taj pribor biti ravne. Dugački pribor kao priložnik i veliki trokuti vješaju se na čavlić u zidu (sl. 30.), jer stoje li na neravnom, mogu se iskriviti pa u radu neće prianjati uz površinu papira, a to odizanje jako smeta u radu.

Pitanja: 1. Što treba učiniti prije rada da vam crtež dokraja ostane čist? — **2.** Kako se čisti drveni pribor koji maže? — **3.** Kako se čisti pribor od umjetnih tvari? — **4.** Očistite gumicu koja vam maže. — **5.** Kako odlažete šestar i crtaće pero da očuvate kvalitetu? — **6.** Kako odlažete priložnik?

STANDARDIZACIJA

Često se čuje riječ »standard«, no u tehnici ta riječ ima drugo značenje nego u običnom životu. Engleskog je porijekla, a znači stalno pravilo. Po takvim ustaljenim pravilima, propisanim standardima, proizvode sve tvornice česte dijelove, pa oni međusobno pristaju bez obzira tko ih proizvede. Žarulja pristaje u grlo svjetiljke ako je proizvedena od naše tvornice TEŽ, holandske Philips, ili bilo koje druge tvornice na svijetu jer je to standardizirano. U nekim se državama umjesto riječi standard upotrebljava riječ »norma«, normalizacija, a samo Talijani imaju riječ UNIM, što znači ujednačenje. Pojam je kod svih naroda isti.

Standardizira se ono što se često proizvodi. Mnoge dijelove su poduzeća proizvodila na različite načine tako da se takvi dijelovi nisu mogli

zamijeniti proizvodom drugog poduzeća ili su iste pojmove primjenjivali na različite načine i jednake radove izvodili različito. Tu raznolikost sređuju propisi standarda, pa standardizacija obuhvaća proizvode, postupke rada, pojmove, nazive, oznake, definicije ustaljenih pojmova i sve drugo što je često i što mnogi upotrebljavaju. Svrha je standardizacije da se to, što se često proizvodi ili upotrebljava bilo od koga, proizvodi samo na jedan način — jedinstveno. Dosljedno tome standardizacija uvodi red u tehnici i nauci, omogućuje zamjenljivost strojnih dijelova, proizvodnji i potrošačima daje širinu i slobodu nabavke, i stvara u tehnici jasnu situaciju. Standardi su svima poznati, pa tehničar u radu zna čime raspolaže, a tvornica može bez rizika vršiti proizvodnju i bez narudžaba, omogućena je specijalizacija tvornica i nabavka specijalnih i vrlo ekonomičnih strojeva, pa su proizvodi jeftiniji jer se proizvode u mnogo većim količinama i za puno potrošača. Uzmimo npr. vijke. Njih treba svaka tvornica, ali se njoj ne isplati da ih sama proizvodi i da za svoje potrebe nabavlja strojeve. Osim toga vijci su s obzirom na glavnu djelatnost tvornice nešto sporedno, i proizvodnji male količine vijaka takva tvornica ne može obratiti puno pažnje. No zato specijalizirana tvornica vijaka radi za hiljade takvih tvornica, isplati joj se nabaviti drukčije, rentabilnije strojeve, bavi se samo vijcima, pa će takvi vijci biti ne samo jeftiniji nego i bolji.

Zbog velikih prednosti, standardizacija je uvedena danas u svim tehnički naprednim zemljama. Počela se primjenjivati potkraj prvog svjetskog rata, a danas se tehnička djelatnost ne može zamisliti bez standarda. Svaka država ima svoje standarde: mi JUS (jugoslovenski standard), Nijemci DIN (Das ist Norm = to je norma), Rusi GOST (državni opći savezni standard) itd. Standardi koji važe na cijelom svijetu — za sve države, imaju oznaku ISO (**I**nternacionalna **S**tandardna **O**rganizacija).

I tehničko crtanje se često primjenjuje, a proizvodi moraju biti prikazani na jedinstveni, svima razumljiv način. Zbog toga su standardizirani način i pravila prikazivanja i kotiranja, kao i crte, formati, mjerila i tehničko pismo koji su na svakom crtežu i pomoću kojih se objekt prikazuje. Upoznajmo te osnovne standarde.

Pitanja: **1.** Što znači riječ standard? — **2.** Što se obično standardizira? — **3.** Koja je svrha standardizacije? — **4.** Glavne prednosti standardizacije. — **5.** Što znače slova JUS u standardizaciji? — **6.** Što znače slova ISO u standardizaciji?

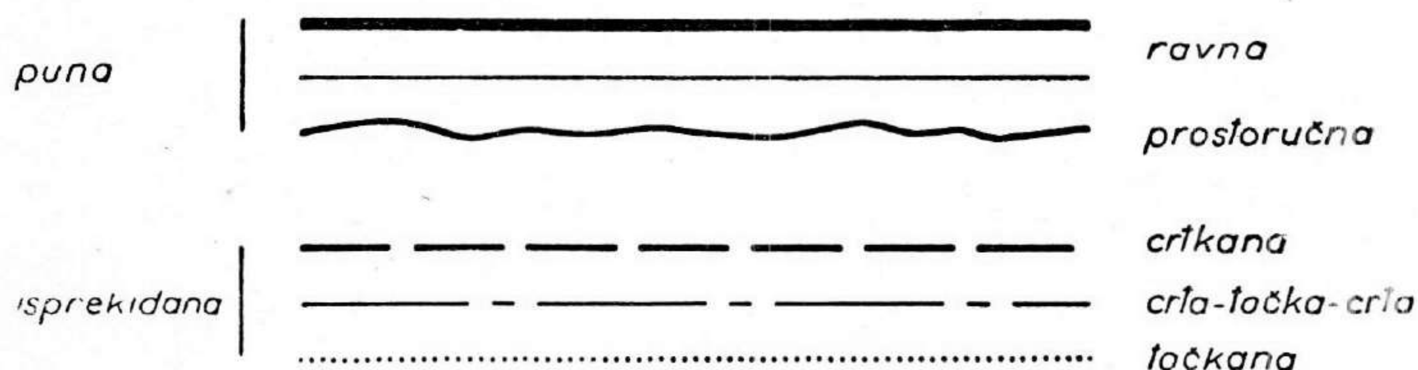
Crte i savjesnost u izvlačenju

Od crta standardizirane su vrste, širine i njihova namjena za raznovrsne svrhe da se isto predočuje uvijek crtama iste vrste.

Sve vrste crta upotrebljavaju se uglavnom u praksi u 3 stupnja širine: važno što treba istaknuti crta se debelo (I. stupanj), manje važno ili zadano srednje debelo (II. stupanj), a sporedno i pomoćno tanko (III. stupanj). Omjer tih širina je obično:

	I. stupanj	II. stupanj	III. stupanj
	važno	manje važno	sporedno i pomoćno
	1	1/2	1/4
ili u %	100%	50%	25%

od najznačajnije crte I. stupnja. Ili drugim riječima: svaka širina je za pola manja od širine crte prethodnog stupnja. Ako smo za važno — I. stupanj — odabrali širinu 0,8 mm, bit će II. stupanj 0,4 mm, a III. stupanj za sporedne i pomoćne crte 0,2 mm.

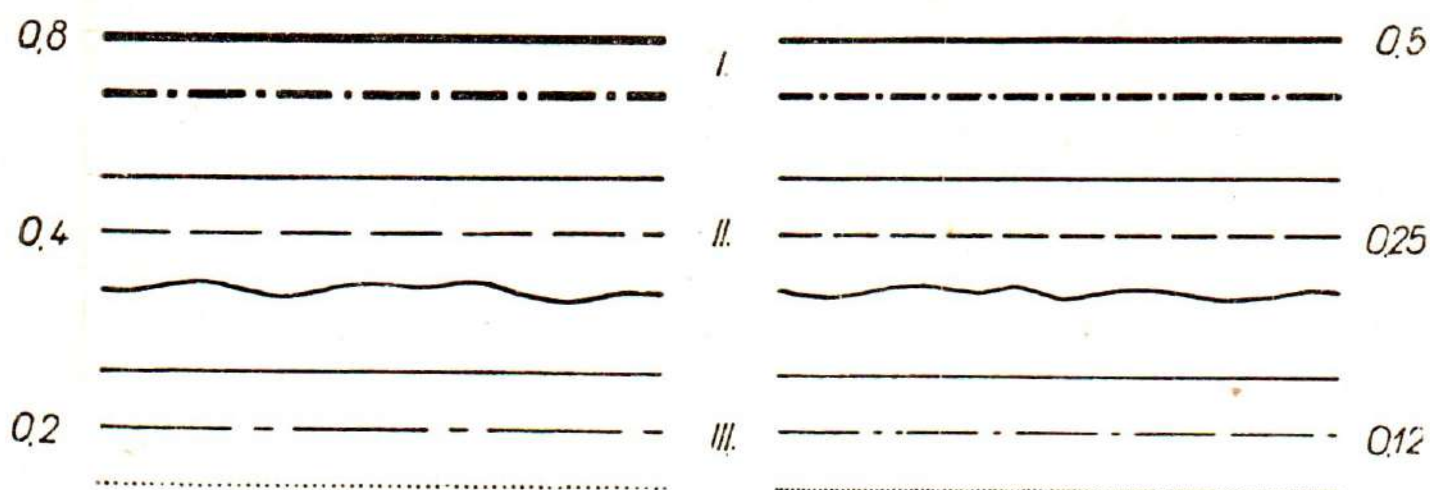


31. Vrste crta

Odabire se uvijek crta I. stupnja, pa se ona zove »nazivna širina«, a druge crte u skupini određene su prema njoj. Sva tri stupnja širine čine skupinu crta koja se primjenjuje na pojedinom crtežu. Prema odabranoj nazivnoj širini crte I. stupnja bit će na crtežu još dvije širine crta u gornjim omjerima, a prema namjeni crte. Danas se uvode crte s razlikom širina od 1/3 d i tušir pera za crtanje i opisivanje šablonama, tzv. m izvedbe. Širine crta su malo drukčije, a broj raspoloživih širina manji.

Prema vrsti može crta biti puna ili isprekidana. Puna može biti ravna ili prostoručna (krivudava), a isprekidana: crtkana, crta-točka-crta ili točkana (sl. 31.). Svaka od njih može biti prema svojoj namjeni u sva tri stupnja širine.

Kod isprekidanih crta važno je da duljina crtica, točkica i razmaka za istu širinu bude jednolična. Široj nazivnoj crti pripada dulja crtica

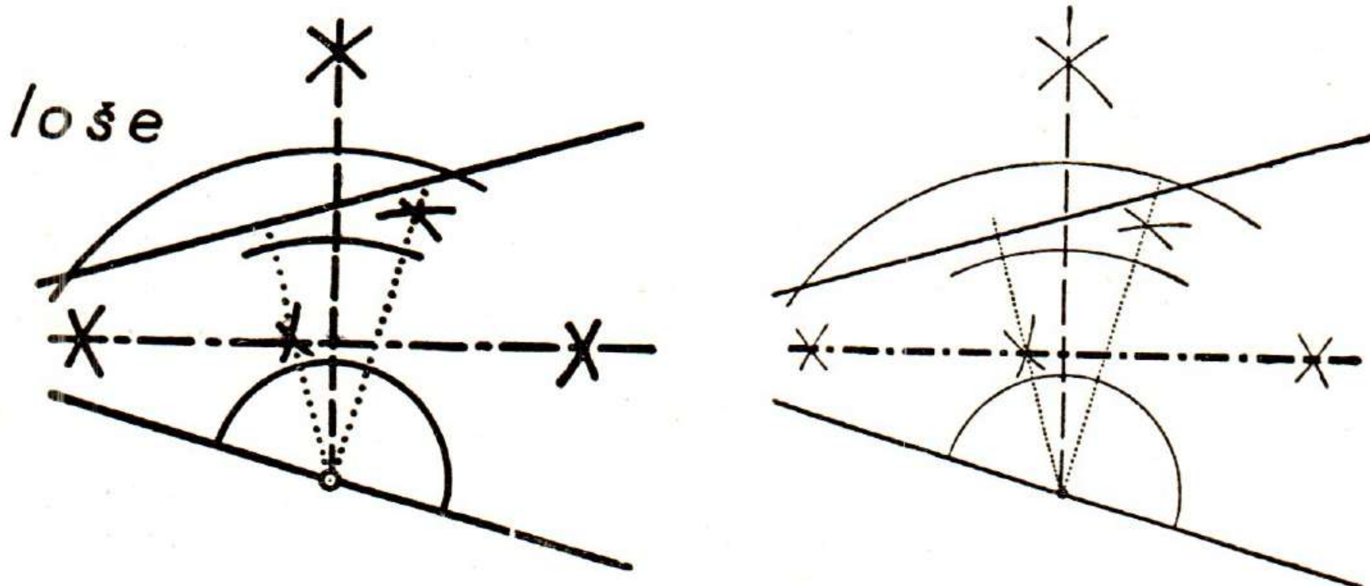


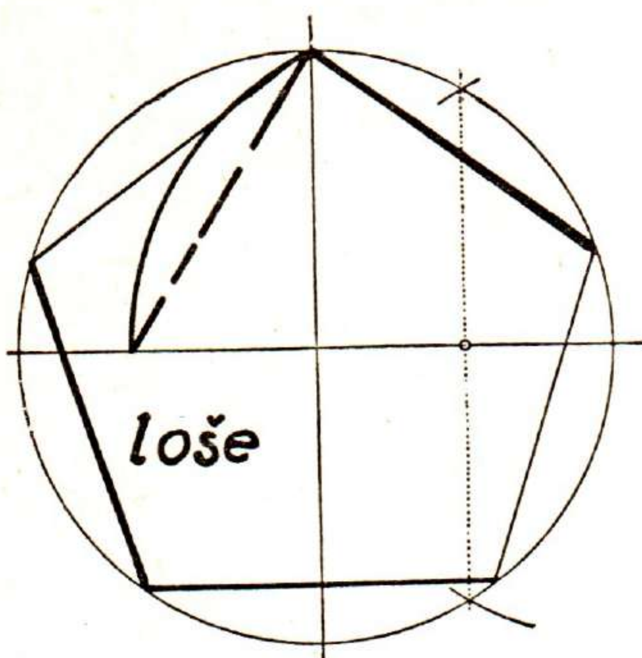
32. Skupine crta prema najčešćoj namjeni. Duljine isprekidanih crta ovise o debljini nazivne crte

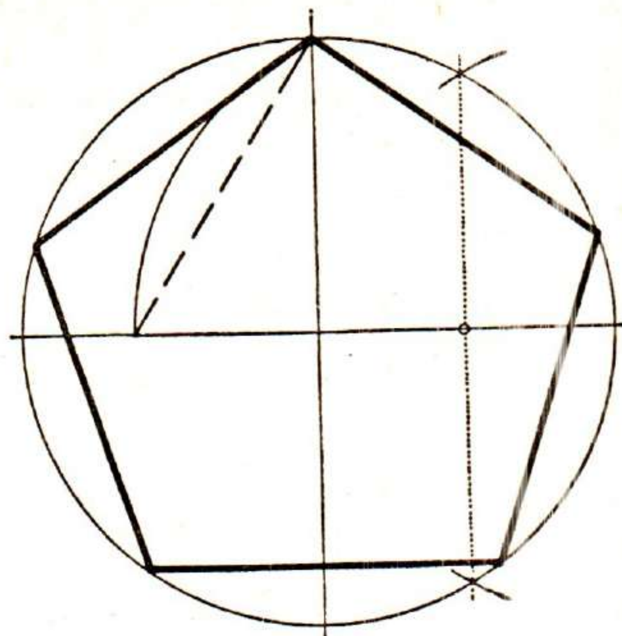
isprekidane crte i obratno. Ako se sa »d« označi širina nazivne crte I. stupnja, onda je obično širina crtice crtkane crte 8 d, a crte crta-točka-crta 15 d ako se njome označuje središnjica simetričnih predmeta, a 5 do 8 d ako ima značaj rezultante. Razmaci su za obje isprekidane crte po 2 d. To se uspoređuje odoka.

Namjena pojedinih vrsta crta standardizirana je. Tako se oblik predmeta koji se mora istaknuti, a predočen je vidljivim bridovima, vuče debelim crtama I. stupnja širine; nevidljivi bridovi vuku se crtkano, lomovi i prekidi prostoručno, obadva II. stupnja širine, a pomoćne crte tanko III. stupnja debljine i to punom crtom, točkicama ili crta-točka-crta ako se radi o središnjici (simetrali). U geometrijskim konstrukcijama uputno je crtati zadano II. stupnjem širine punim crtama, pomoćne konstrukcije punom i točkanom crtom III. stupnja širine, a rezultat, kao najvažnije, punom ili rezultantom (crta-točka-crta, ali s kratkim crti-

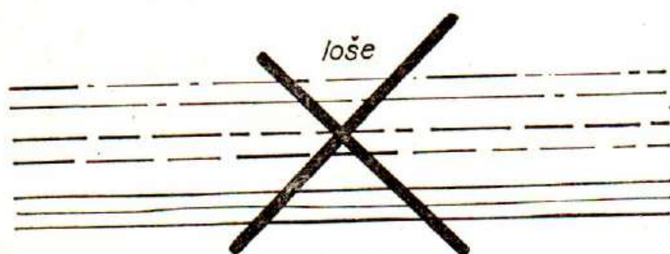
33. Sve crte na crtežu ne mogu biti jednako važne, a važnost treba istaknuti širinom

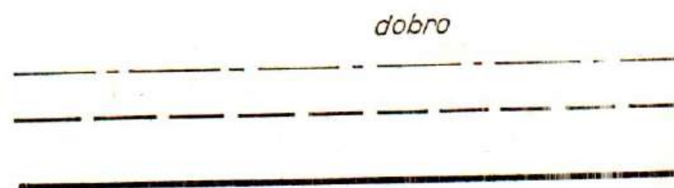






34. Crte istog značenja moraju biti izvučene jednakom debljinom i jednolično





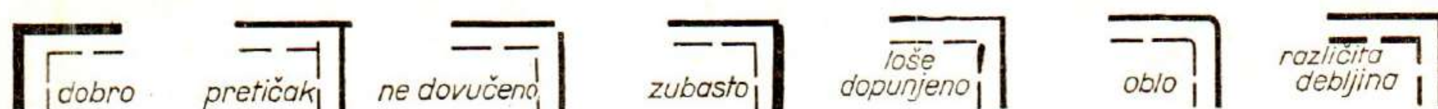
35. Svaka crta mora biti puna, jednolična i oštrih rubova

cama) I. stupnja širine. Na slici 32. prikazane su prema toj namjeni 2 skupine crta: za nazivnu širinu 0,8 i 0,5 mm. Uz crte je označen stupanj širine i sama širina crte u mm. Iz slike je vidljiva ovisnost isprekidanih i punih crta o nazivnoj širini.

Ljepota crteža ovisi u velikoj mjeri o savjesnosti u izvlačenju crta. Važnost značaja pojedine crte mora biti istaknuta vrstom i širinom crte. Ne može biti lijep crtež ako su zadano, pomoćno i rezultat crtani istom širinom (sl. 33.), ili ako su crte istog značaja crtane različitom širinom i nejednolično (sl. 34.). A posao je gotovo isti, pa zašto da se ne pazi na širine i jednoličnost.

Svaka crta mora biti puna i oštrih rubova. To se postiže jednoličnim pritiskom i držanjem olovke ili pera u jednakom ispravnom položaju u toku rada prema papiru. Isprekidane crte moraju biti jednolične, a ne da duljina crtica, razmaci i širine budu različiti. Primjer loše i dobro izvučenih crta prikazuje sl. 35.

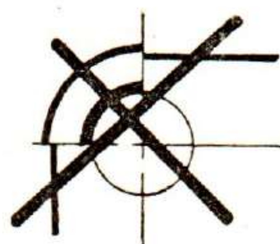
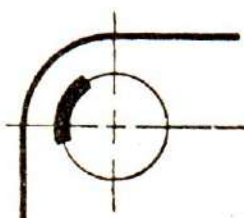
Na crtežu ima mnogo uglova koje treba savjesno izvući. Obično to ne uspijeva odmah ni najboljem crtaču, pa ih treba naknadno popraviti: obrisati ili ostrugati pretičke i dopuniti nedovučene crte da ugao bude



36. Uglovi moraju biti oštri i puni; nisu li takvi, treba ih popraviti

oštar. Pretičci se na crtežu tušem stružu, a dopunjuju se kotir-perom. Svi ti naknadni ispravci ne smiju biti vidljivi. Ispravni ugao i češće greške prikazane su na sl. 36.

Spajanje ravnih crta sa krivinama mora biti izvedeno tako da se spoj uopće ne vidi. Spoj ne smije biti stanjen ili odebljan, a crta mora biti salivena. Kad se olovkom izvučeni crtež tušira, mora tanka crta olovkom biti u sredini debele tuširane crte. Najprije se vuče zakrivljena crta, a na nju se tangencijalno nastavlja ravna (sl. 37.).

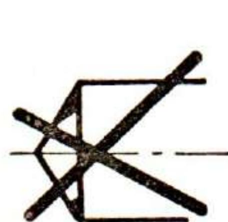
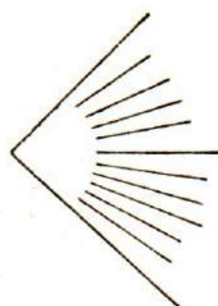
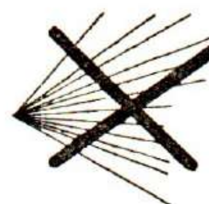



37. Crta u spojevima mora biti salivena; najprije se izvuče zakrivljena crta, a na nju se tangencijalno nastavlja ravna crta

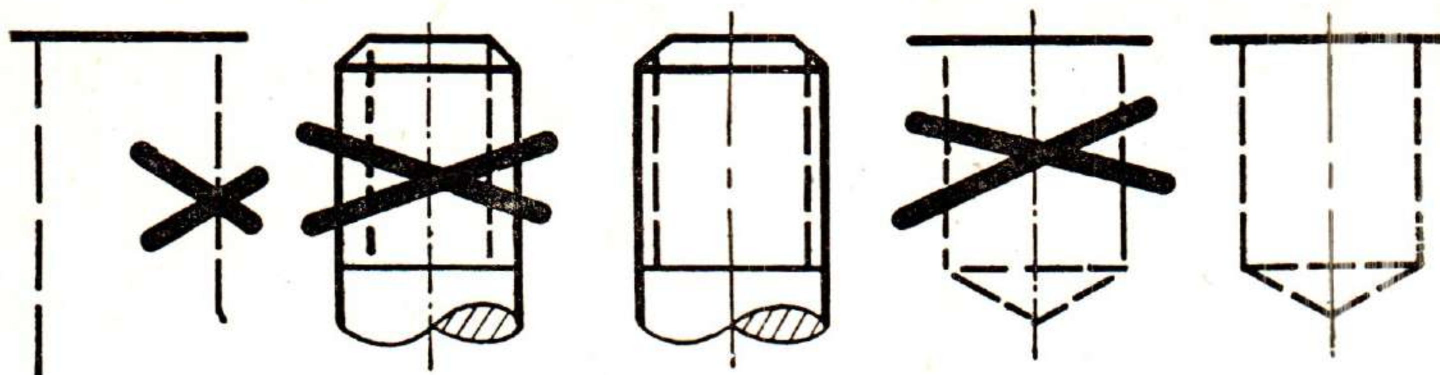


38. Kad je crtaće pero prepunjeno tušem, bit će početak crte odebljan

Crtaće pero ne smije se prepuniti tušem jer će početak crte zbog pritiska prevelikog sloja tuša biti odebljan (sl. 38.). To je veća opasnost kod debelih crta. S druge strane crta mora biti izvučena u jednom potezu jer je teško nastaviti crtu da se spoj ne vidi. Zato moramo dugačke crte vući većim perom u koje stane više tuša. Zbog zalijevanja uputno je da se oštri uglovi debelih crta ne vuku jakim napunjenim perom, a susjedna se crta vuče kad se prethodna osušila (sl. 39.). Zalivenost može nastati i zbog gustoće crta koje se vuku iz iste točke. Da se tome izbjegne, dobro je olovkom opisati luk, do središta izvući samo krajne crte, a međucrte samo do luka. Kasnije se olovka obriše, pa ostaje lijepo tuširani crtež (sl. 39.).

39. Oštri uglovi ne smiju biti zaliveni

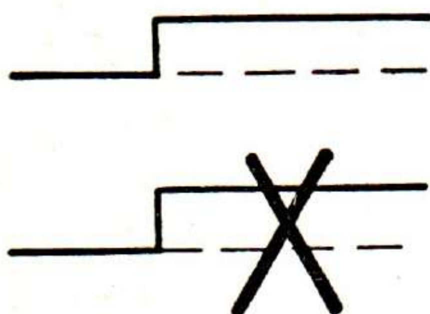


40. Priključci i sjecište crtkanih crta izvode se oštro, bez razmaka

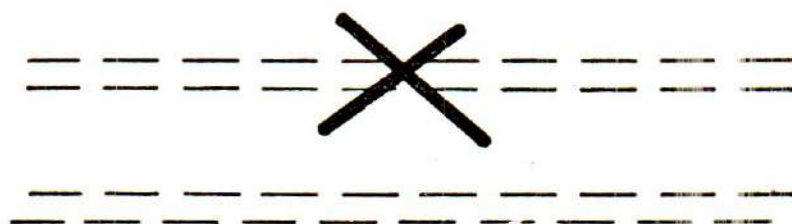
Pri izvlačenju crtkanih crta treba se uglavnom pridržavati ovih pravila da crtež bude ljepši:

— Okomiti ili kosi priključci i sjecišta crtkanih crta moraju se sjeći sa crtom na koju se priključuju, a između njih da ne bude razmak (sl. 40.).

— Ako crtkana crta predstavlja produžetak iste plohe koja je u crtkanom dijelu prekrivena, mora između pune crte i crtkane biti razmak (sl. 41.).



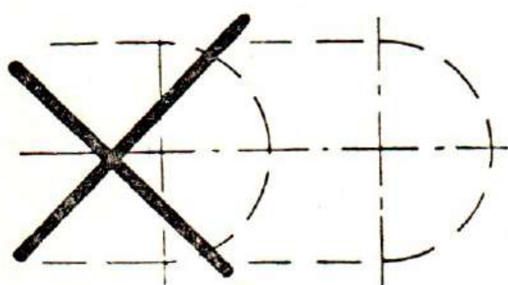
41. Produžetak plohe u nevidljivom dijelu počinje razmakom crtkane crte



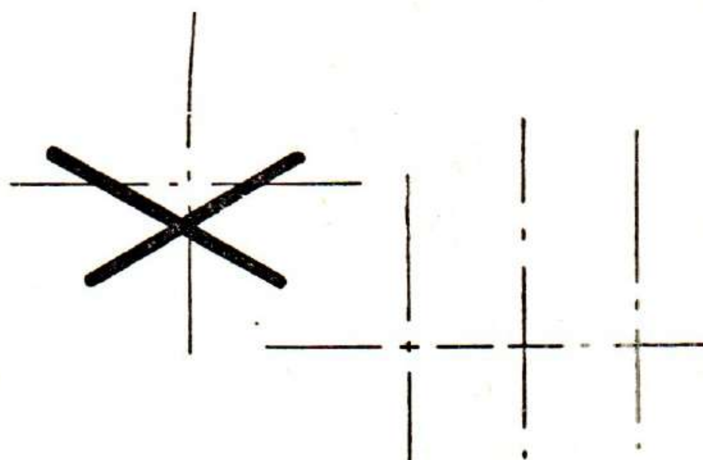
42. Kod užih usporednih crtkanih crta razmaci se ne podudaraju

— Uže usporedne crtkane crte ne smiju sličiti znakovima jednakosti, već razmaci moraju biti međusobno pomaknuti (sl. 42.).

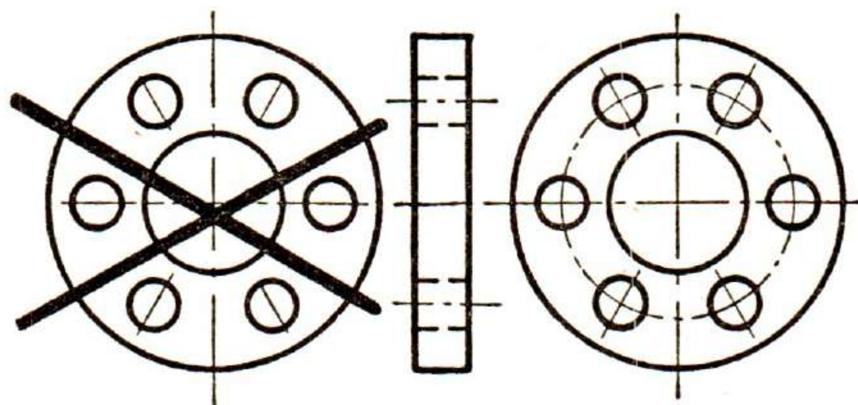
— Zakrivljena crtkana crta u luku ili polukrugu mora početi i završiti točno tamo gdje počinje i završava luk, a razmak između crtica ide u dužinu ravne crte (sl. 43.). To je uvjetovano redom izvlačenja jer se



43. Crtkana crta luka ili polukruga počinje i završava točno od početka i završetka krivine



44. Središnjice se moraju sjeći da središte bude određeno



45. Središnjica prelazi simetrični dio za nekoliko mm, a ne prekida se ako je kratka

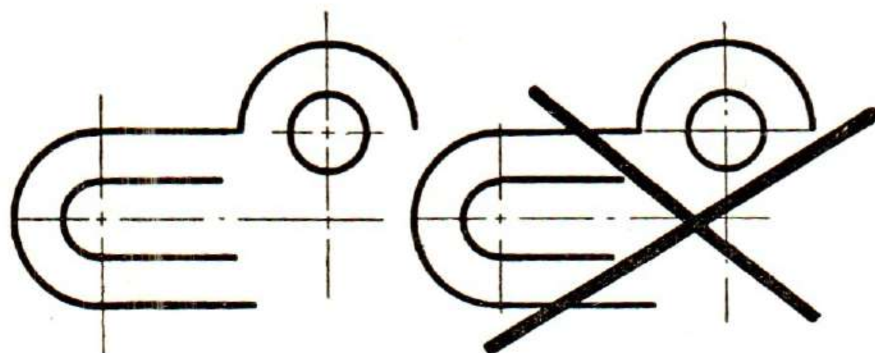
najprije vuče zakrivljena crta i na nju se nastavlja ravna, pa mora biti poznata točka na koju se veže taj nastavak.

Središnjicama s dugačkim crticama označuje se simetričnost cijelog predmeta ili samo dijela predmeta, npr. provrta. Zbog toga se crte središnjica moraju sjeći da središte bude određeno i da se zna kuda treba ubosti šestarom kad se mora izvući kružnica (sl. 44.).

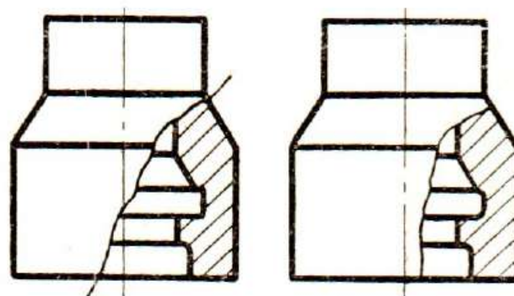
Kratke središnjice se ne prekidaju jer za to nema mjesta kod malih kružnica. U takvim se slučajevima simetričnost označuje punom tankom crtom (sl. 45.), a razlikuje se od drugih crta širinom. Treba paziti da svaka središnjica prelazi simetrični dio za nekoliko mm, a da ne završava na bridu simetričnog predmeta, ili da bude i kraća (sl. 45.). Središnjica se ne izvlači u produžetku neke druge crte, nego između njih mora biti razmak (sl. 46.), ili drugim riječima: središnjica je uvijek posebna samostalna crta.

Krivudavom crtom označuje se lom predmeta. Ta lomna crta mora sličiti stvarnom izgledu loma, pa ne smije sezati izvan predmeta, već točno do bridova, jer lom ne postoji izvan predmeta (sl. 47.). Osim toga crta loma mora biti kosa da se ne zamijeni s bridom predmeta. Primjenjuje se kod djelomičnog presjeka predmeta i zato se vuče II. stupnjem širine da se razlikuje od sporednoga, a da bude tanja od najvažnijih crta. Jedino kad se prikazuje lom drveta, lomna je crta tanka kao i sve sporedne, tj. III. stupnja širine.

46. Središnjica je uvijek zasebna crta, pa se ne nastavlja na bilo koju drugu crtu



47. Crta loma je kosa, a ne vuče se izvan predmeta



U geometrijskom crtanju za pomoćne i sporedne crte često se primjenjuju točkice. Olovka ili pero moraju pri izvođenju točkaste crte biti okomiti na papir, a ne kosi u smjeru izvlačenja kao kod svih ostalih crta. Razmaci između točkica moraju biti jednolični. Točkana crta je obično III. stupnja, tj. debljina točkica je 1/4 širine najvažnijih crta. I. stupnja, a razmaci treba da su jednaki širini točkice, tj. oko 1/4 d. Točkice ne smiju prelaziti u crtu, što će se dogoditi ako olovku ili pero držimo nagnuto. Točkana se crta izvlači brzim ubadanjem i istodobno laganim pomicanjem pera ili olovke, slično ubodima šivaćeg stroja.

Držimo li se navedenih pravila, bit će crtež lijepo izvučen. Ta pravila nisu teška i ne povećavaju posao; treba ih samo držati na umu i primjenjivati ih. Treba da pređu u naviku, a to se postiže vježbom. Vježbama u izvlačenju crta različitih vrsta i značaja treba uočiti ovisnost o nazivnoj širini da se vidno razlikuju 3 širine, treba uvježbati pravila u savjesnom izvlačenju crta, npr. precrtavanjem lijepih, ranije primijenjenih crteža ili ispravljanjem grešaka loše izvučenih crteža, i treba naučiti izvlačiti crteže tušem.

Na listu 1. zadatka nacrtano je više primjera u kojima crte nisu savjesno izvučene. Treba uočiti greške i zaokružiti ih.

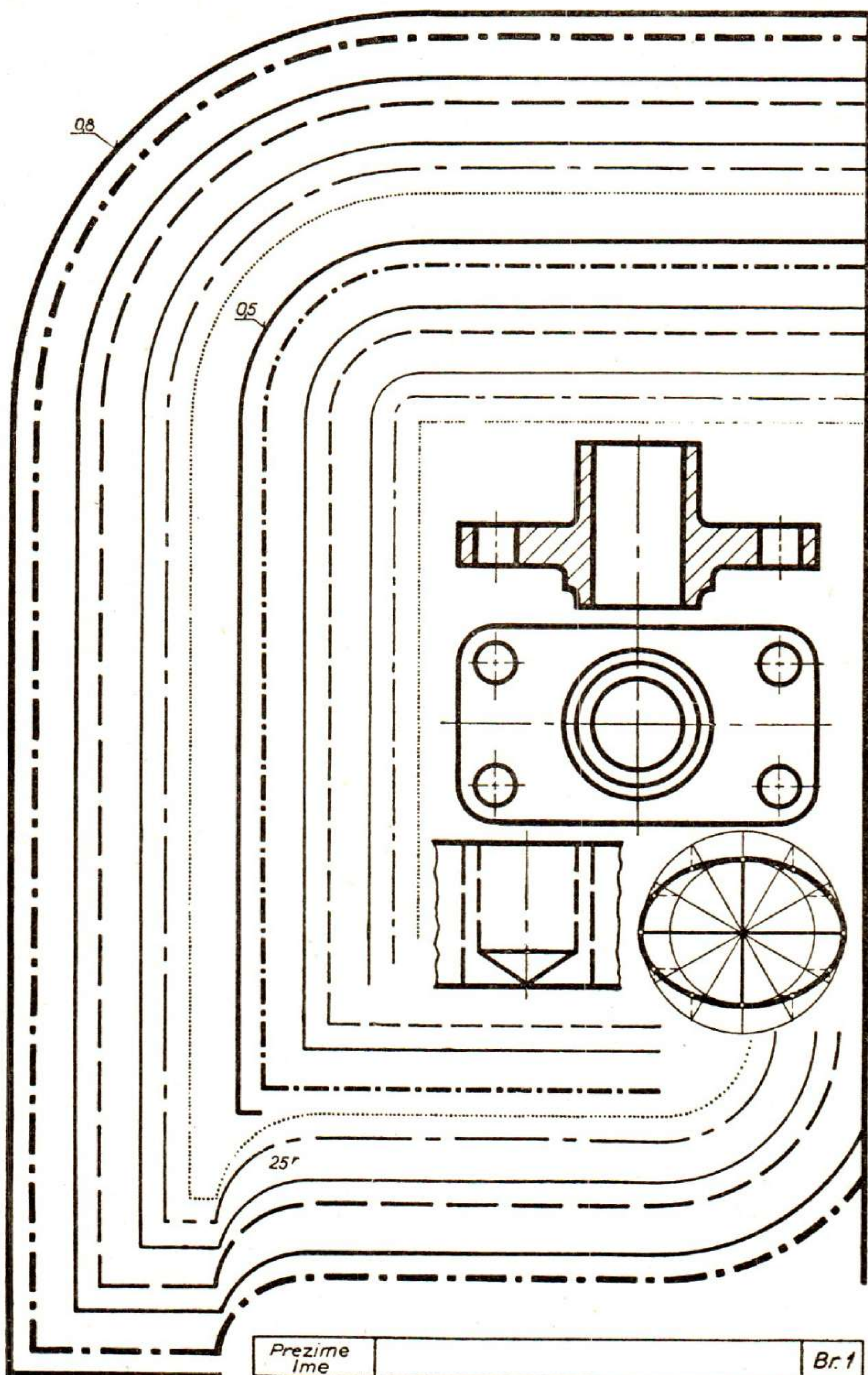
Pri izvlačenju tušem često nam dobro nabrušena pera ne vuku tanke crte, naročito nakon kratke stanke. To je zbog toga što se tuš sasušio. Može se pomoći na više načina:

1. da vrlo tanke crte III. stupnja širine vučemo razrijeđenim tušem. Takav tuš se ne suši tako brzo i lakše teče, a treba da se priredi u posebnoj bočici. Razrijediti treba čistom destiliranom vodom (kapljice sa poklopca čiste vode koja vri), i to 2 dijela tuša i 1 dio vode. Pri razrijeđivanju pitkom vodom tuš se nakon kratkog vremena usmrdi, a ako je veća količina vode, suviše gubi crnu boju.

2. Ne vuče li pero koje je čas prije vuklo tanke crte, povuče se crta po gornjem dijelu šake lijeve ruke da dlačice povuku tuš, ili još bolje po dosta vlažnoj spužvici smještenoj u zdjelici za boje pokraj crteža.

Ne vuče li pero tanke crte ni uz predložene mjere, valja ga očistiti jer je u kapilare pera došla nečistoća (prašina), ili se tuš previše sasušio. Da se spriječi pristup nečistoćama, treba da je bočica tuša uvijek začepljena.

Crtati treba na tvrdom glatkom papiru koji podnosi »mučenja« (ne na blok-papiru koji je hrapav i dobar za vodene boje), ili na tvrdom papiru olovkom, a na prozirnom papiru tušem. Taj prozirni papir treba nalijepiti selotejpom na crtež olovkom, a podloga na kojoj se crta mora biti ravna (ako nema crtaće daske). U radu olovkom treba označiti sva središta da se kasnije zna kuda treba ubosti šestarom. Osim toga treba



48. Vježba u izvlačenju skupina crta i savjesnosti u izvlačenju crta

crtež olovkom potpuno dovršiti do najsitnijih detalja da se pri tuširanju misli samo na ljepotu crteža, i savjesnost u izvlačenju crta. Ostave li se neke greške da se isprave pri tuširanju, redovito se događa da se pri tuširanju na to zaboravi, pa naknadnim brisanjem i struganjem ima mnogo više posla nego da se crtež olovkom ispravio i dokraja dovršio.

Jedan primjer crteža za vježbanje u izvlačenju skupina crta i savjesnosti u izvlačenju crta dan je na sl. 48. Svaki učenik može složiti sličan primjer ili nastavnik može zadati sličan zadatak. Najprije treba crtež ispravno dovršiti olovkom, a onda izvući tušem. Tim je primjerom obuhvaćeno ovo:

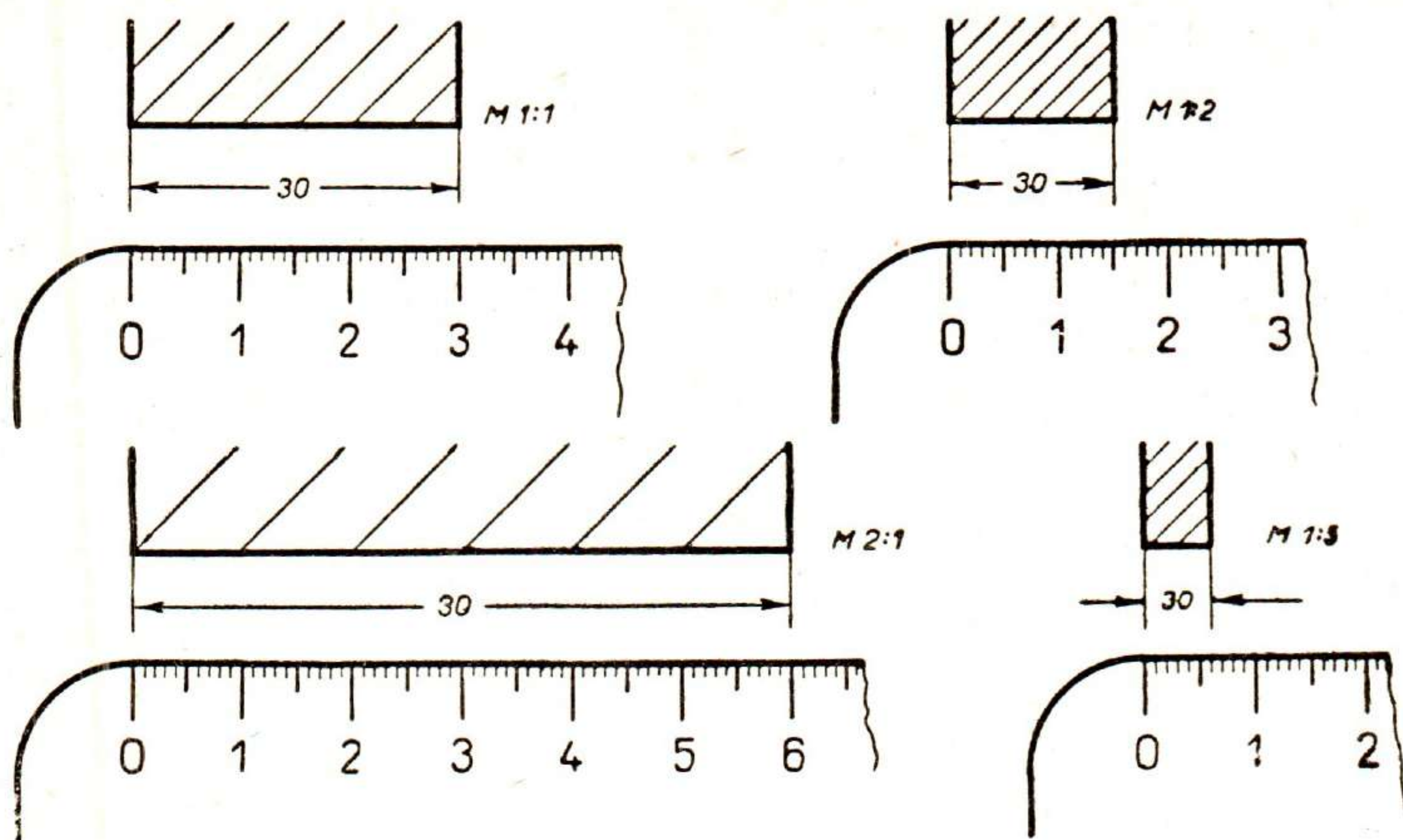
1. Dvije skupine crta i ovisnost zavisnih crta o nazivnoj širini. Treba da postoji razlika u širini, dužinama i razmacima isprekidanih crta, a omjer mora biti uvijek isti za svaku skupinu.
2. Izvlačenje brojnih uglova za sve vrste crta.
3. Spajanje lukova u ravnim i isprekidanim crtama.
4. Priključenje i vučenje usporednih crtkanih crta.
5. Vučenje središnjica i označivanje središta.
6. Isticanje važnosti crta prema značaju u konstrukciji.
7. Spajanje zakrivljenih crta krivuljarom (svaka škola treba da ima nekoliko krivuljara).

(U gornjem lijevom uglu (sl. 48.) dane su brojčane mjere za brže nanošenje razmaka crta za obje skupine, a za crtež na formatu A4. Polumjer u donjem dijelu crta je 25 mm. Ostalo nanijeti odoka prema nacrtanom predlošku.)

Pitanja: 1. Koji je omjer stupnjeva širina crta da se istakne njihova važnost? — **2.** Vrste crta. — **3.** Dimenzije isprekidanih crta i kako se utvrđuju. — **4.** Nacrtajte skupinu 0,8—0,6 u vezi najčešće namjene crta. — **5.** Nacrtajte ispravan ugao debelim crtama I. stupnja širine. — **6.** Nacrtajte pravi kut sa zaobljenjem o polumjeru 15 mm crtama I. stupnja širine. — **7.** Nacrtajte nevidljiv provrt promjera 15 mm u limu debljine 30 mm. — **8.** Na što treba paziti pri savjesnom izvlačenju dugih i kratkih središnjica? — **9.** Kakav mora biti crtež prije nego započne izvlačenje tušem? — **10.** Nacrtajte lom plosnog željeza. — **11.** Kako ćete sebi pomoći kada vam nakon stanke dobro nabrušeno crtaće pero ne vuče tanke crte?

Mjerila

Rečeno je da je crtež nalog za proizvodnju i da mora sadržavati sve podatke potrebne pri radu. Ima predmeta koji su tako veliki da ne stanu na papir, pa se takvi predmeti moraju crtati umanjeno, npr. kuća, lokomotiva i drugo. Mnogi su predmeti opet suviše sitni da budu jasni uz primjenu širokih crta, pa se moraju crtati povećano, npr. dijelovi sata. Ako je predmet nacrtan u jednakoj veličini kakav je i proizvod, kažemo da je predočen u naravnoj veličini.



49. Crtati u mjerilu znači nanijeti veličinu u danom mjerilu crtanja, a kotirati je u naravnoj veličini

Prema izloženoj potrebi predmeti se crtežom predočuju u različitim mjerilima: umanjeno — u naravnoj veličini — povećano. Dopuštena mjerila su standardizirana, jer radnici ne bi stekli osjećaj mjera kad bi svatko birao mjerilo kako mu se svidi. Dopuštena mjerila dana su ovim brojčanim omjerima:

naravna veličina	1 : 1		
umanjenje	1 : 2 (2,5) 1 : 20 1 : 200 • •	1 : 5 1 : 50 1 : 500 • •	1 : 10 1 : 100 1 : 1000 • •
povećanje	2 : 1 20 : 1	5 : 1 50 : 1	10 : 1 —

Taj omjer brojaka znači veličinu na crtežu prema veličini u naravi, pa je prema tome mjerilo crtanja omjer veličina crteža i naravi (*ne* predmeta u naravi i crteža). Kad se izvode crteži, treba svaku veličinu nanijeti u mjerilu crtanja, ali kad se brojkama navodi veličina neke dimenzije (što se zove kotiranje), navodi se uvijek stvarna, a ne nanesena mjera. Kuća, ili bilo koji predmet, mora biti u stvarnosti jednako velika, bez obzira u kojem se mjerilu predočuje, i zbog toga treba mjere navoditi kakve su u naravi. O mjerilu crteža ovisi veličina crteža, a ne veli-

čina predmeta u naravi. Mjerilo crteža uvijek se navodi na crtežu, najčešće kraticom, npr. M 1 : 5, katkada samo omjerom brojaka 1 : 5 ili punom riječi: Mjerilo 1 : 5.

Na sl. 49. predočena je dužina dugačka 30 mm u različitim mjerilima. Tu dužinu treba pri umanjenju podijeliti, a pri povećanju pomnožiti s mjerilom crtanja i dobiveno nanijeti na crtež. Za vježbu nacrtajte dužinu 40, pa onda 25 u M 1 : 1, 1 : 2, 1 : 5, 2 : 1. Dalje zamislite kutiju šibica u sredini s provrtom od 20 mm, pa nacrtajte to u M 1 : 1, 2 : 1, 1 : 2 i kotirajte.

Pitanja: 1. Što je mjerilo crtanja? — **2.** Zašto su mjerila standardizirana? — **3.** Recite jedno mjerilo za umanjenje i rastumačite značenje brojaka. — **4.** Kako se na crtežu označuje mjerilo? — **5.** Rastumačite pojam »naravna veličina«. — **6.** Predočite dužinu 22 mm u naravnoj veličini, povećano i umanjeno, i označite upotrijebljeno mjerilo. — **7.** Koje mjere se unose u kotu na crtežu crtanom u mjerilu 1:2?

Formati

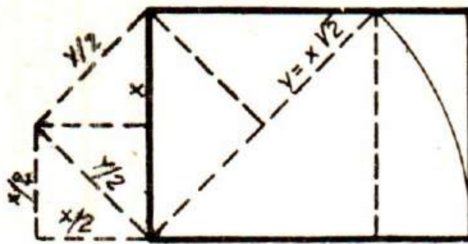
U većoj tvornici, kao što je npr. »Rade Končar« u Zagrebu, ima preko 300 inženjera i tehničara u konstrukcijskim uredima. Svaki od njih dovrši dnevno u prosjeku po jedan crtež, što čini godišnje 300 · 300 = = 90 000 crteža. Te crteže treba čuvati dok tvornica postoji, jer će kupac nakon 20—30 godina zatražiti crteže za strojeve koji se danas isporučuju. U poduzećima se skupe milijuni crteža, a da pri tome bude reda, ne smije svaki crtež biti svoje veličine, već svi u nekoliko jednakih veličina da se mogu u arhivi uredno složiti, a kad ustreba, opet po broju pronaći.

I proizvođači papira imaju strojeve različite širine, a tržište zahtijeva stalne dimenzije. Zbog toga se papir za raznovrsne potrebe izrađuje uvijek jednakih dimenzija da se od njih mogu odrezati crteži propisanih veličina.

Radi reda u arhivi tvornica i zbog veličine papira na tržištu određeni su stalni formati, tzv. formati A reda. Ti se upotrebljavaju za crteže, različite tiskanice, bilježnice, knjige i drugo. Postoji još B red koji je nešto veći jer služi za omotne svrhe, npr. koverte koje moraju biti veće od samog papira. Drugi redovi papira (C reda, rijetko D reda) upotrebljavaju se katkada u tiskarske svrhe, no uglavnom odumiru.

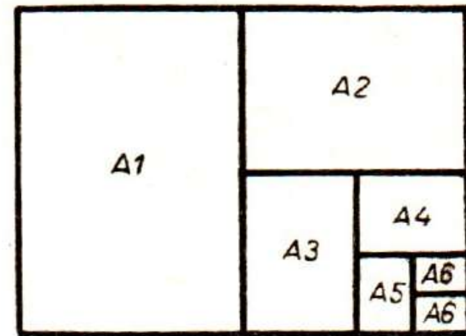
Veličine formata A reda odnose se na potpuno dovršene i obrezane crteže, a sve veličine imaju iste oblike.

1. omjer je kraće i duže stranice $1 : \sqrt{2}$, ili riječima: omjer stranice kvadrata prema dijagonali istog kvadrata (sl. 50.), primjena Pitagorina poučka;



50. Omjer stranica formata A reda je po Pitagorinu poučku $1 : \sqrt{2}$

51. Različite veličine formata A reda dobivaju se polovljenjem duže stranice



2. prijelaz iz većeg u susjedni manji format omogućen je polovljenjem duže stranice, jer je na temelju gornjeg omjera kraća stranica većeg formata jednaka dužoj stranici manjeg formata (sl. 51.);

3. svi su formati međusobno slični, a površine susjednih formata su u omjeru 2 : 1 (sl. 51.).

Dimenzije osnovnog formata »A0« izračunate su iz gornjeg omjera stranica i željene površine od 1 m², dakle dvije jednadžbe s dvije nepoznanice. Obilježimo li kraću stranicu sa x, dužu sa y, proizlazi

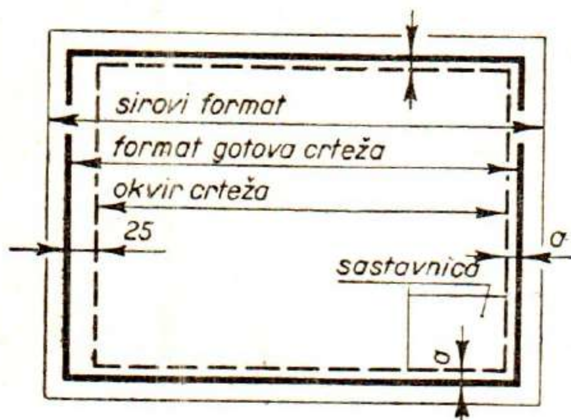
$$x : y = 1 : \sqrt{2} \qquad \qquad x = 0{,}841 \text{ m}$$
$$x \cdot y = 1 \text{ m}^2 \quad \text{i rješenjem} \quad y = 1{,}189 \text{ m}$$

Dalji manji formati A reda, označeni su sa A1, A2, A3 . . ., dobivaju se polovljenjem duže stranice prema sl. 51.

Za izradbu crteža, za tisak i druge potrebe mora papir biti nešto veći da se list može pričvrstiti. Taj dodatak na gotovi format iznosi 15—25 mm sa svake strane, a list papira s tim dodatkom naziva se sirovi format. Takav sirovi format isporučuje industrija papira.

Na listu se ne crta do ruba. Od ruba do crteža mora biti neki razmak, a katkad se povlači okvir crteža. Taj okvir mora biti udaljen od ruba kod manjih formata 5 mm, a kod većih 10 mm sa svih strana, osim s lijeve. Na lijevoj strani mora biti najmanji razmak 20 mm radi toga da se u registrator učvršćeni papir može čitati, a da se ne vadi iz mehanike.

52. Sirovi format i gotovi format crteža, katkada s okvirom



Sirovi format i gotov crtež sa okvirom prikazan je na sl. 52. Papir dolazi u trgovinu u listovima veličine 900 × 660 mm ili u svicima najčešće visine 1570 mm, a duljine 20 ili 50 m. Papir u listovima je sirovi format A 1, a polovljenjem duže stranice dobiju se ostali sirovi formati A reda koji se po dovr-

šenom poslu obrezuje na propisane veličine. Format A 0 kao i svi ostali formati A reda dobivaju se rezanjem iz svitaka. Prava strana papira iz svitaka uvijek je unutarnja strana.

Navedeni podaci o formatima i veličine pojedinih formata dane su pregledno ovom tablicom:

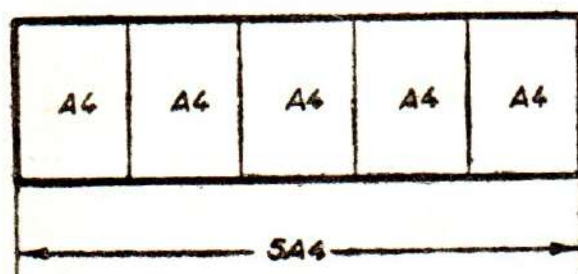
Oznaka formata	*Normalna veličina*		*Sirovi format iz lista polovljenjem duže stranice*	*Najmanji razmak okvira*	*Najčešća primjena*
	gotovog formata	*sirovog formata*			
A0	1189 × 841	1230 × 880	—		Izuzetno veliki crteži; samo iz svitaka
A 1	841 × 594	880 × 625	900 × 660		Normalni crteži; tiskovni papir za knjige
A 2	594 × 420	625 × 450	660 × 450	10	Školski format crteža
A 3	420 × 297	450 × 330	450 × 330		Razvijeni koncept-papir
A 4	297 × 210	330 × 240	330 × 225		Dopisni papir
A 5	210 × 148	240 × 165	225 × 165	5	Memorandum
A 6	148 × 105	165 × 120	165 × 112		Međunarodna dopisnica

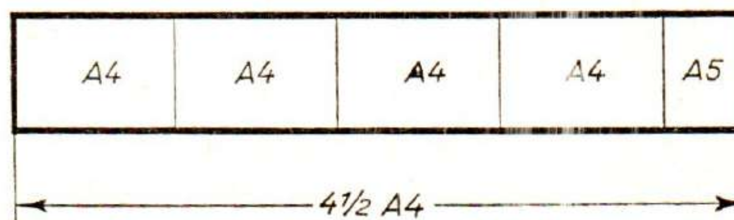
Daljim polovljenjem duže stranice dobiju se još manji formati koji se ne upotrebljavaju za crteže, već za druge svrhe, npr. za poštanske marke (A 10—A 12).

Često treba predočiti vrlo dugačke predmete koji zahtijevaju veliku dužinu formata, a visina bi primjenom normalnih formata A reda ostala neiskorišćena. Da se uštedi papir, uvedeni su za takve slučajeve produženi formati. To je niz jednakih formata odrezan u jednom komadu papira (sl. 53.). Visina formata odabere se kako zahtijeva predmet, a duljina prema dužini predmeta i mjerilu crtanja. Na takvim produženim formatima predočuju se trase željezničkih pruga i cesta, dugačke osovine, električni vodovi i slično.

Svaki list sirovog formata može se upotrijebiti u uspravnom ili podužnom položaju. Položaj određuje sastavnica s podacima o crtežu koja se uvijek smješta u donji desni ugao crteža. Vuče li se okvir crteža, taj

53. Produženi format je niz jednakih formata u jednom komadu papira





je produžetak sastavnice, osim s lijeve strane kod koje je 25 mm jednak za sve formate.

Za industrijske potrebe crteži se kopiraju i zbog toga se izrađuju samo crnim tušem na prozirnom papiru. Tuš u bojama ne prenosi se jednako na kopije. Originali na prozirnom papiru čuvaju se u arhivi i nikad se ne izdaju, a u pogon se šalju kopije.

Šalju li se kopije preko pošte ili se odlažu u registratore ne mogu se kopije većih formata slati razvijene, već se moraju previjati na podesnu veličinu. To previjanje na format dopisnog papira A 4 vrši se stanovitim pravilima, a ta su:

1. sastavnica mora biti vidljiva kod preklopljenog crteža;

2. crtež se mora dati razviti tako da se ne vadi iz mehanike registratora. Zbog toga se najprije savija po dužini, zatim preklopi ugao da se izbuši za mehaniku samo na jednom mjestu, a onda se preklopi po visini. Previjeni crtež mora biti veličine A 4 (210 × 297).

Kopiranje se vrši na specijalni diazokop-papir kojemu je na površini kemijski sloj osjetljiv na svjetlo poput fotografskog papira, samo u manjoj mjeri. Na kemijski prepariranu površinu diazokop-papira stavi se crtež na prozirnom papiru i podvrgne utjecaju svjetla (sunčanog, od specijalnih žarulja u aparatima). Zrake svjetla djeluju na kemijski prepariranu površinu papira svuda gdje nema crne crte od tuša kroz koje zrake ne prolaze. Prozirni papir je napet preko diazokop-papira, pa će ispod crnih crta ostati prvobitni sloj kemijske naslage. Taj treba ustaliti, ili kako se to u struci kaže »fiksirati«, a to se danas čini u parama amonijaka tzv. suhim putem. Na kopiji će ostati tamnosmeđe i tamnoplave crte koje se više ne daju brisati.

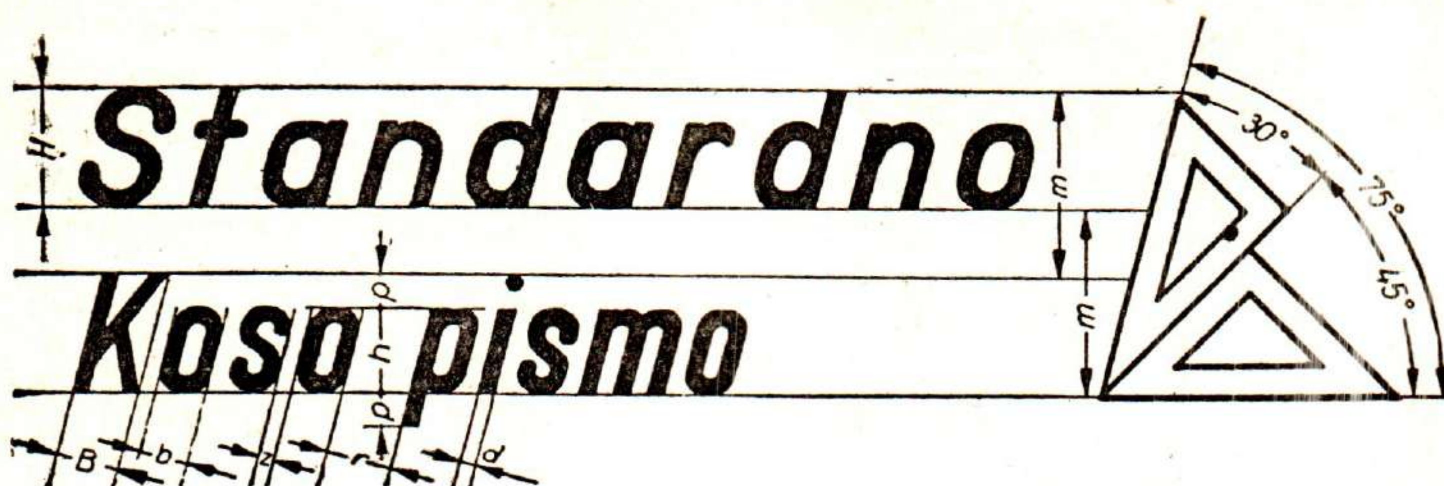
Na taj se način u industriji umnožavaju crteži, a od jednog originala na prozirnom papiru mogu se kopirati stotine kopija.

Pitanja: **1.** Zašto je bilo potrebno standardizirati formate papira? — **2.** Primjena formata A i B reda. — **3.** Značajke formata A reda. — **4.** Sirovi format papira. — **5.** Kako se izvlači okvir nekog crteža koji ima sastavnicu? — **6.** U kojem se položaju primjenjuje list papira? — **7.** Čime je određen položaj lista? — **8.** Što je produženi format? — **9.** Kada se primjenjuje produženi format? — **10.** Zašto se tehnički crteži izrađuju samo crnim tušem? — **11.** Načelo kopiranja crteža. — **12.** Kada se previjaju kopije crteža? — **13.** Koje uvjete mora zadovoljiti previjen crtež? — **14.** Zašto se na crtežima i dopisima ostavlja lijevo rub od 25 mm?

Tehničko pismo

Na svakom tehničkom crtežu ima dosta opisa, a pogotovu brojaka kod kota. Taj se opis većinom izvodi ručno, a pismo mora biti jednostavno, čitko, i uglavnom jednako, da ga može pročitati i jedva pismeni radnik.

Zbog toga je za tehničke crteže pismo standardizirano.



54. Dimenzije tehničkog pisma

55. Uzorak tehničkog pisma

Kosa normalna slova

Nazivna visina
H
5/7 H

abcčćdđefghijkl

mnopqrsštuvwxy

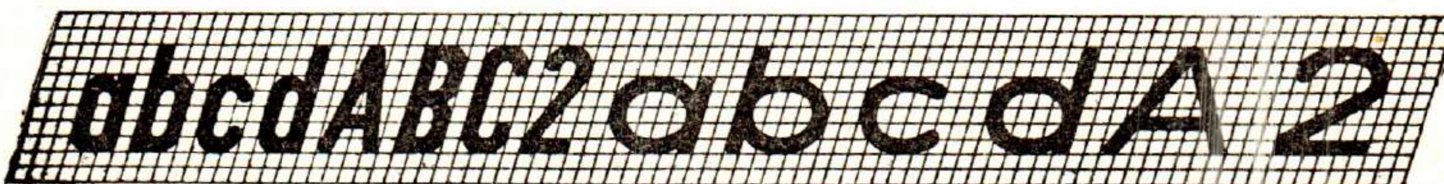
zž-!?")1234567890

ABCČĆDĐEFGHIJ

KLMNOPQRSTUV

WXYZŽIIIVXVIII

Uska i široka kosa slova



I L T F E H kose crte pod 75° i horizontalne crte

N X Y Ž A V W M K ravne crte velikih slova

i j l t k v w x z 1 7 4 ravne crte malih slova i brojeva

J f D P R B velika i mala slova s lukovima

o a b d p q c č ć e g

slovo o kao osnova

O Q C Č Ć G h n m r u S s

O i o kao osnova

0 6 9 8 3 2 5 ostali brojevi s lukovima

56. Skupine znakova i smjer poteza za vježbanje tehničkog pisma

57. Tehničko pismo se vježba između usporednih crta

H h p Lijekovi 14,75 6 3/8

Standardom su određeni nagib, visina i prema njoj sve ostale dimenzije svakog slova i brojke, kao i tip slova. Tehničko pismo je koso pod 75° (trokut sa 45° + 30°) jer male greške nagiba od nekoliko stupnjeva nisu toliko uočljive kao što bi bilo kod uspravnog pisma. Kad se piše ručno, mora se uvijek računati na neke greške jer čovjek nije stroj.

Visine (H mm) su standardizirane, i to: (Pisano u 3 stupca od početnih brojaka 2—2,5—3 koje se za svaki stupac množe, sa 2, izuzevši od 12 na 25. Tako se standardne visine lakše upamte)	2 4 8 16 • •	2,5 5 10 20 • •	3 6 12 25! • •

Sve ostale dimenzije određene su za normalno tehničko pismo sedminama visine (sl. 54.):

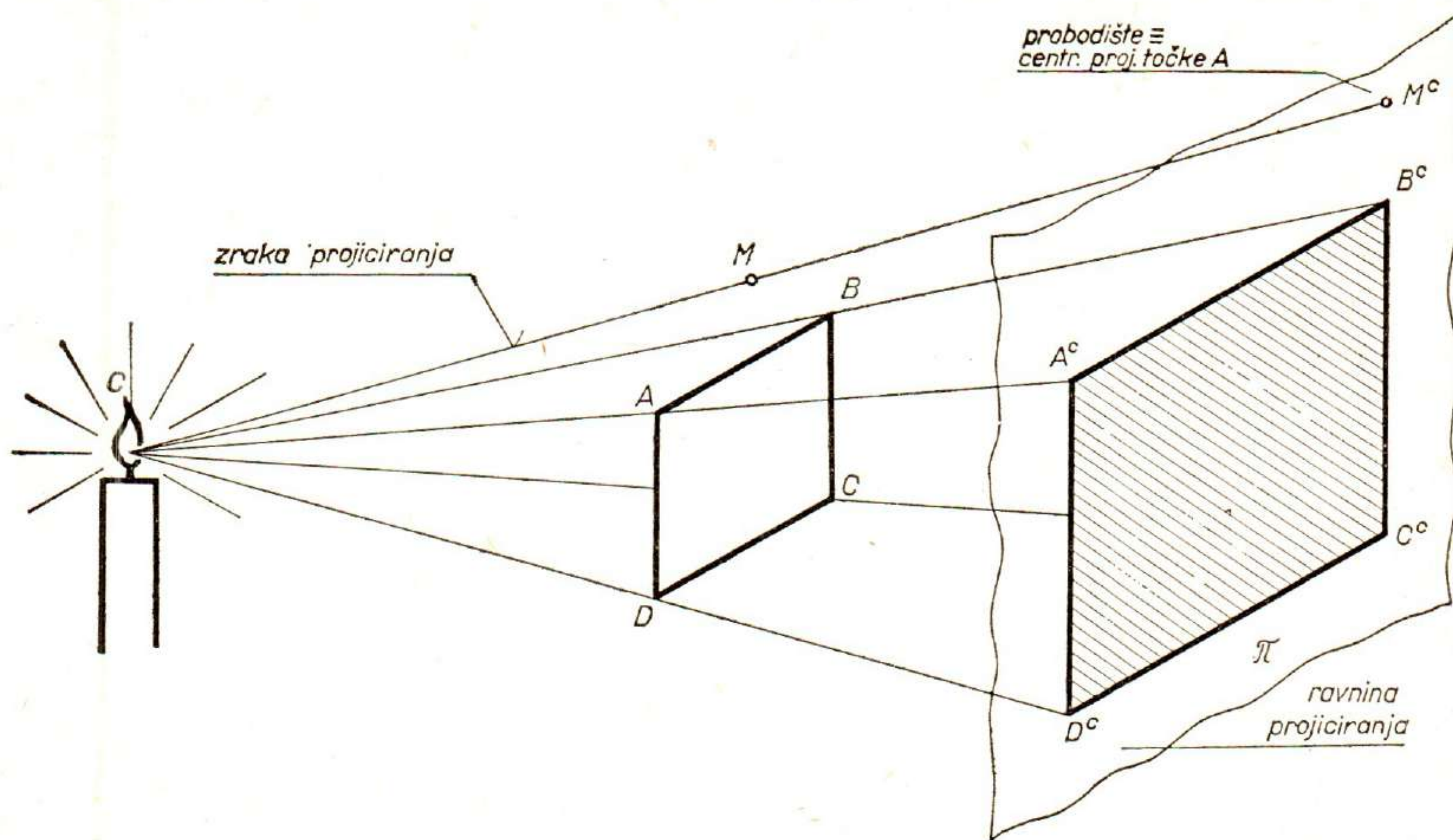
Visina velikih slova i brojeva = nazivna visina	H = 7/7 H
Visina malih slova i brojeva u razlomku	h = 5/7 H
Produšci gore i dolje	p = 2/7 H
Širina crta	d = 1/7 H
Širina velikih slova izuzevši I, J, L, T, M, W	B = 5/7 H
Širina malih slova i brojeva izuzevši f, i, l, m, r, t, w, 1	b = 4/7 H
Razmak između slova (važna jednaka površina između susjednih slova)	z = 1/7 — 2/7 H
Razmak između riječi	r = 4/7 H
Razmak između redova (od gornje crte jednog do gornje crte drugog reda)	m = 11/7 H

Prema tome, tehničko pismo potpuno je određeno izabranom nazivnom visinom. Osim normalnog kosog tehničkog pisma postoji usko i široko (slova uža za 1/7, šira za 2/7), zatim tanko, kojim pismima se može istaknuti važnije i sporedno u tekstu ako se to ne želi istaknuti različitom visinom. Ovakva izvanredna tehnička pisma rijetko se primjenjuju; normalno pismo je gotovo jedino u primjeni za strojarsku i elektrotehničku struku, dok se u geodeziji i topografiji upotrebljavaju i druga pisma.

Tip i konstrukcija standardnih slova predočena je na sl. 55., a na istoj slici su prikazani s nekoliko slova primjeri uskog i širokog pisma. Da se uoči značajka pojedinog znaka pisana su slova u mreži od sedmina.

Po preporuci ISO uvode se danas druge visine i širine tehničkog pisma. To je zbog umanjenja crteža fotografskim putem i zajedničkog kriterija za pismo, crte i formate: stupnjevanje faktorom $\sqrt{2}$. Visine su 1,8—2,5—3,5—5—7—10 itd., širine normalnog pisma 1/10 visine, a uskog 1/14 visine.

Treba dugo vježbati da se nauči tehničko pismo, najmanje oko 30 sati, a to treba da znadu crtači i tehničari koji izvode crteže. Želi li se koji učesnik pripremati za taj poziv, treba vježbati slova prema svojoj konstrukciji u 7 skupina (sl. 56.), a pri tome svratiti pozornost na: 1) nagib, 2) smjer pojedinih poteza, 3) konstrukciju i dimenzije za različite visine, 4) početke i završetke da budu točno na graničnim crtama. Piše se između usporednih crta, prema sl. 57., do nazivne visine 3 mm kotir-perima i običnim perima, a od visine 4 mm različitim redis-perima u ovisnosti o nazivnoj visini (oko 1/7 H). Najvažnije je uvježbavati nagib (I. skupina) i slovo »o« odnosno »O« jer su ta sadržana u mnogim slovima abecede. Za upute oko uvježbavanja tehničkog pisma ne dostaje ova knjiga.



58. Centralna projekcija

PROJICIRANJE

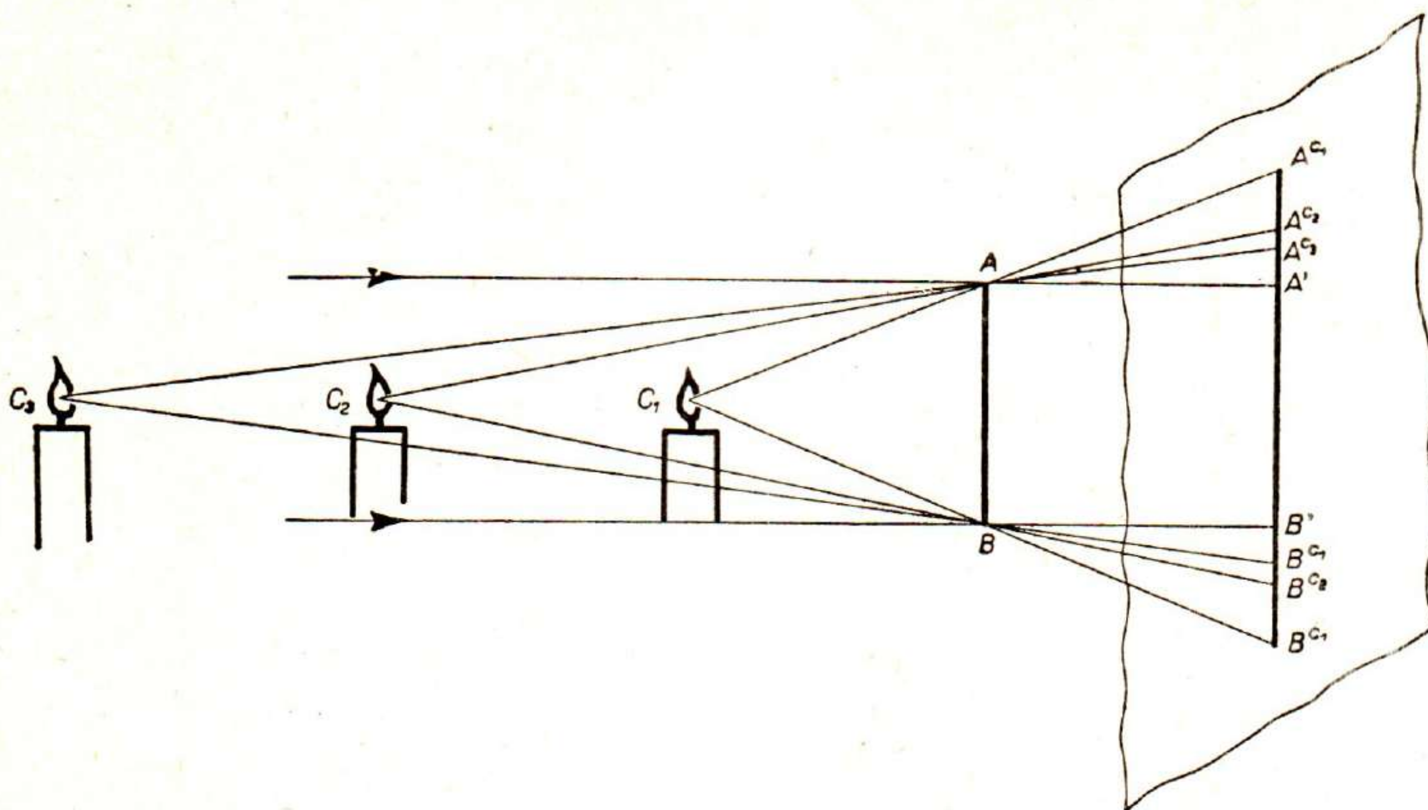
Kad u kinu promatramo slike na platnu, kažemo da su to projekcije snimljenih kadrova. I fotografija je slika snimljenog predmeta, a u širem smislu njegova projekcija.

Što je, onda projekcija?

To je slika predmeta na jednu ravninu, uvijek samo na jednu!

Ima različitih načina projiciranja i prema tome različitih projekcija, već prema tome koja su pravila projiciranja primijenjena. Za tehniku bit će podesne one projekcije koje daju dovoljno podataka za proizvodnju, a tome zahtjevu ne udovoljavaju svi načini jednako, npr. fotografija daje zornu sliku predmeta, ali ne daje podatke za proizvodnju jer se iz nje ne vidi sve ono što proizvodnja treba.

Zamislimo neki izvor svjetla — svijeću, žarulju, zatim neki lik, npr. četverokut i ravninu π (sl. 58.). Iz centra svjetla šire se zrake na sve strane, pa tako obasjavaju i površinu ravnine π. Na one zrake koje obasjavaju četverokut ABCD zapnu o taj lik, pa na ravnini II imamo sjenu. Sjena točke A bit će upravo na zraci koja prolazi iz izvora svjetla C i točkom A na liku, a na onom mjestu ravnine II gdje ta zraka CA probada ravninu. Tako i sve ostale točke.



59. Ovisnost veličine središnje projekcije o udaljenosti središta od ravnine

Probodišta onih zraka koje diraju lik i čine granicu između sjene i osvijetljenog dijela ravnine, zovu se središnja projekcija jer zrake izlaze iz jednog središta. Sjena je, prema tome, središnja projekcija lika, slika lika na tu ravninu. Mjesto lika može u prostoru između izvora svjetla i ravnine biti točka, dužina, tijelo, pa bi njihove sjene bile središnje projekcije točke, dužine, tijela.

Koje elemente imamo u opisanom središnjem projiciranju?

Imamo ove elemente:

1. središte, izvor zraka (C),
2. točku, dužinu, lik, tijelo, predmet koji se projicira,
3. ravninu projiciranja odnosno crtanja (II),
4. zrake projiciranja (spojnice CM), vidne zrake,
5. sliku projiciranog predmeta na ravninu projiciranja, zvanu središnja projekcija, a ta je određena probodištem zraka projiciranja kroz karakteristične točke predmeta s ravninom.

Ovakvo središnje projiciranje najbliže je stvarnosti u naravi, jer tako viđamo predmete kad ih promatramo. Gledamo li uzduž željezničke pruge, za koju znamo da je ravna i da svuda ima istu udaljenost kolosijeka jer inače po njoj ne bi moglo ići vozilo, čini nam se da se tračnice sastaju daleko u nedogledu u visini horizonta u jednoj točki. Isto vidimo

kad se postavimo na ugao ravnih dugačkih ulica, pa nam se čini da se svi vodoravni bridovi kuća i fasada sastaju opet u jednoj točki u jednom i u drugom smjeru, dakle u dva središta. Isto bi bilo i za visine kad bi kuće bile više od dosega našeg pogleda. Zbog zornog izgleda ove projekcije arhitekti predočuju zgrade ovakvom središnjom projekcijom jer je ta najbliža nestručnjacima koji odlučuju o investiciji.

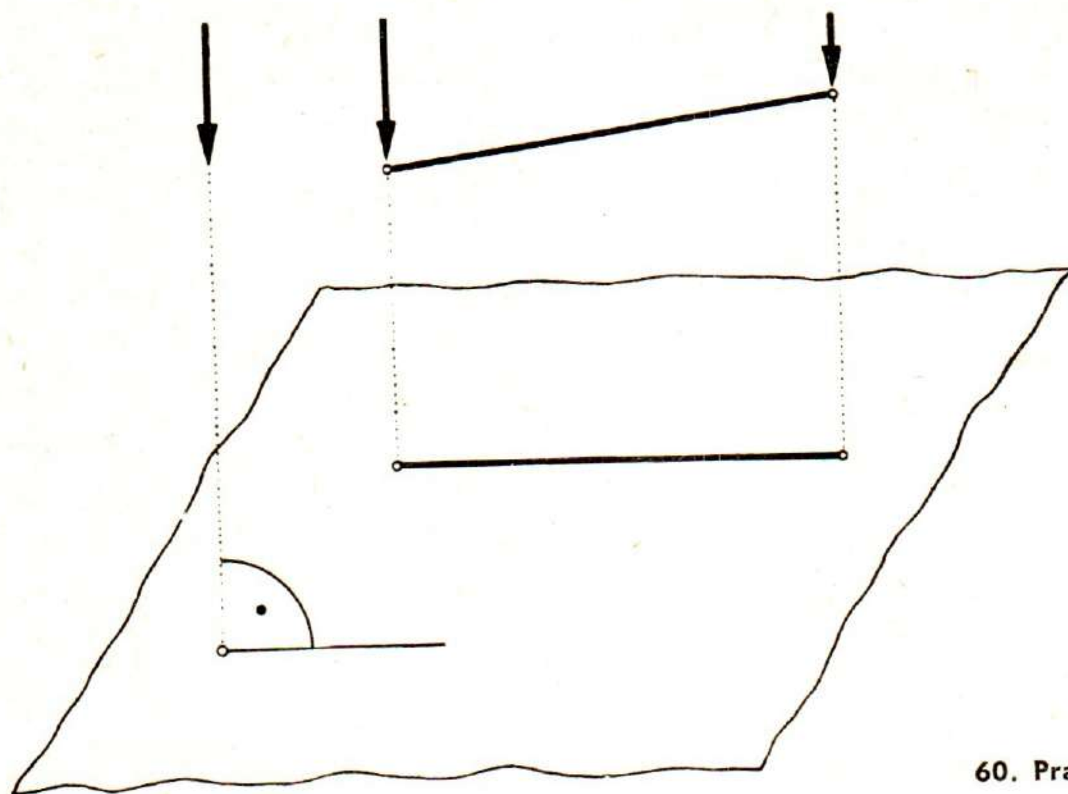
Središnja projekcija slična je predmetu u naravi, a njena veličina ovisi o međusobnim udaljenostima središta, predmeta i ravnine. Mijenja li jedan od tih elemenata položaj, mijenja se i veličina projekcije. Projicirajmo opisanim načinom dužinu AB. Kako je dužina određena s dvije točke, dovoljno je odrediti njihove projekcije. Neka se udaljuje izvor svjetla C (sl. 59.). Za položaj 1 bit će projekcija A^{C1}, B^{C1}, za udaljeniji položaj 2 bit će projekcija A^{C2}, B^{C2} već manja, itd. Pomakne li se izvor svjetla u neizmjernost, postat će zrake projiciranja međusobno usporedne a projekcija A'B' najmanja. Takvo projiciranje kod kojega su zrake međusobno usporedne zove se usporedno projiciranje.

Kakvo projiciranje upotrebljava tehnika za proizvodnju?

Za te svrhe ne smije biti promjenljivih uvjeta da slika mijenja veličinu, pa prema tome otpada središnje projiciranje. Usporedno projiciranje pod pravim kutom zrâka nema nikakvih promjenljivica, uvjeti su za svaki slučaj jednaki, dapače slika predmeta će biti ista za različite udaljenosti predmeta od ravnine, pa jedino takva projekcija odgovara za proizvodnju. Zrake projiciranja okomite su na ravninu, pod pravim kutom, pa se takvo projiciranje zove pravokutno ili, po grčkom, ortogonalno projiciranje. To je, dakle, specijalni slučaj usporednog projiciranja, kod kojega su zrake okomite na ravninu crtanja, tj. zrake projiciranja imaju samo jedan određeni i uvijek isti položaj prema ravnini crtanja.

Pravokutna je projekcija jednostavna. Da se odredi projekcija točke, dužine, lika, ili tijela na bilo koju ravninu, treba postupiti uvijek po istom načelu: kroz karakteristične točke puštati okomito na ravninu, crtanja zrake projiciranja (vidne zrake), pa gdje one probadaju ravninu, tamo je projekcija. Te zrake mogu se zorno predstaviti električnom baterijom s oštro usmjerenim svjetlom u tamnoj sobi. Osvijetljeno mjesto na zidu je probodište zrake s ravninom.

Neka olovka predstavlja dužinu, a knjiga ili klupa ravninu crtanja. Povucite kroz zrak zrake okomito na tu ravninu pa odredite probodišta za obje krajnje točke i spojite ih. To je projekcija te dužine na zadanu ravninu (sl. 60.). Učinite to isto za drugi položaj knjige. A onda mijenjajte



60. Pravokutna projekcija dužine

položaj dužine (olovke) prema ravnini pa ponovno projicirajte krajnje točke. Vidite da se veličina projekcija mijenja i da ona ovisi o položaju dužine prema ravnini. Iz različitih položaja olovke možete izvesti zakonitosti pravokutne projekcije.

1. Ako je dužina usporedna s ravninom crtanja, bit će njena projekcija usporedna s dužinom u prostoru i jednake veličine. Projicira se u pravoj veličini.

2. Ako je dužina kosa prema ravnini crtanja, bit će njena projekcija to manja što je kut između dužine i ravnine bliže pravome kutu, ali će uvijek biti dužina manja od dužine u prostoru. Projicira se skraćeno.

3. Ako je dužina okomita na ravninu crtanja, poklapaju se dužina i zrake projiciranja za obje karakteristične točke i probadaju ravninu u jednoj točki. Projekcija dužine okomite na ravninu je točka.

Vidimo da se veličina projekcije dužine mijenja od prave veličine preko skraćene dužine do točke, a izgled projekcije ovisi samo o položaju dužine u prostoru prema ravnini na koju se crta.

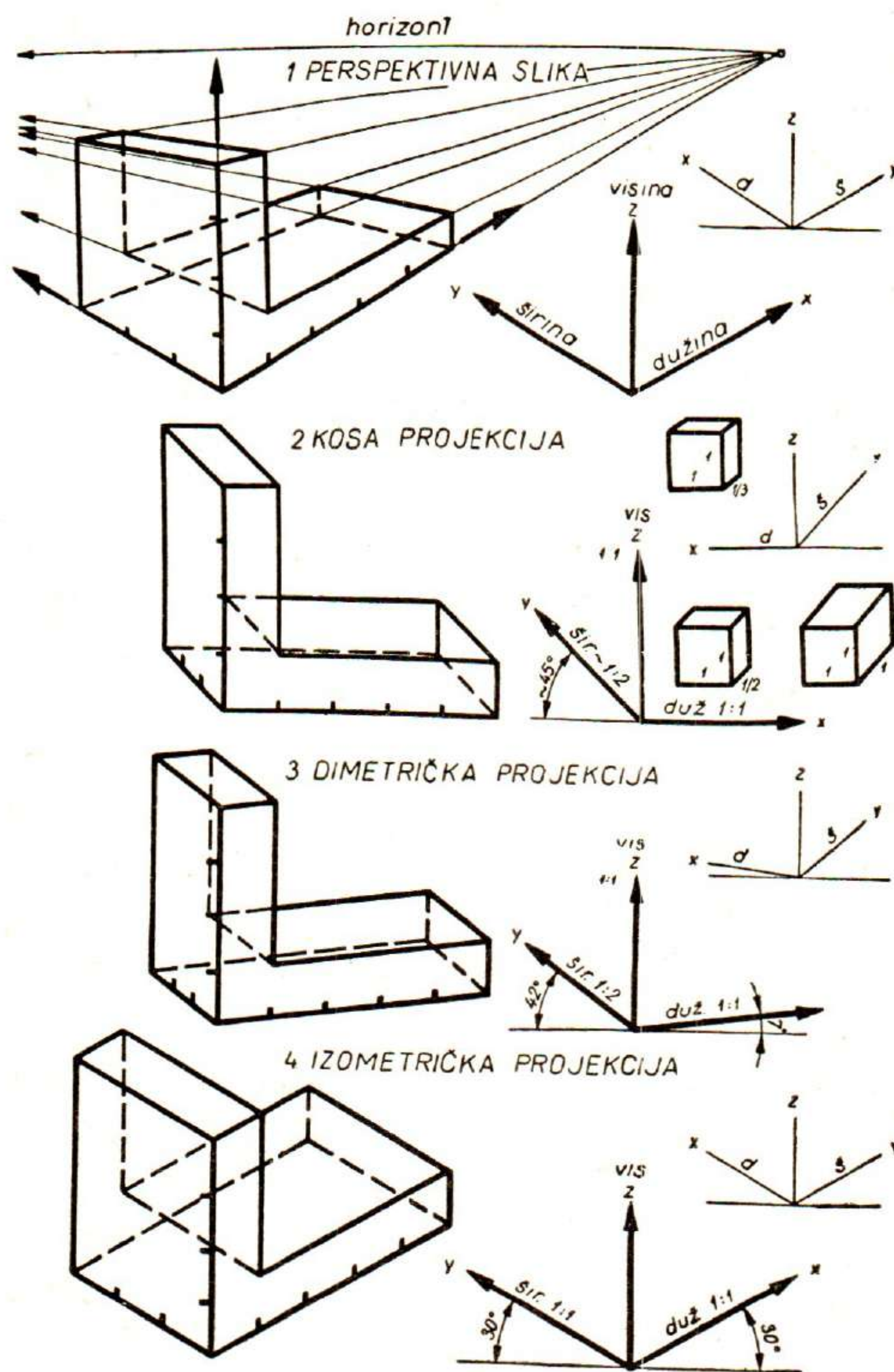
Izvedite sličan pokus i promatrajte odnose između nekog lika (trokut, bilježnica), pa utvrdite u ovisnosti o različitim položajima plohe prema ravnini što sve može biti projekcija neke plohe.

Prije nego što se upustimo u detalje pravokutne projekcije, treba spomenuti još neke načine predočavanja predmeta. To su prostorne predodžbe iz kojih se vide sve tri dimenzije predmeta na jednoj slici. Ta slika ili projekcija smještena je na papir ili na ploču, dakle u ravninu

koja ima samo dvije dimenzije, a predočuje tijelo koje ima tri dimenzije. To je moguće samo tako da se odstupi od odnosa koje ima tijelo u prostoru, a koje je određeno dimenzijama: duljinom (x) — širinom (y) — visinom (z). Položaj tih dimenzija: duljine-širine-visine nazivamo kod projiciranja »osi« i obilježujemo ih uvijek jednakim slovima x, y, z.

Odabiranjem položaja osi i prikrata u smjeru pojedine osi imamo različite načine prostornog predočavanja. Složimo dvije kutije šibica prema sl. 61. i utvrdimo približno dimenzije (ne točne). Ukupna duljina x = 5 jedinica, širina y = 3 jedinice, a visina z = 4 jedinice. Predočimo to tijelo u sva četiri uobičajena načina prostornog predočavanja (sl. 61.).

61. Načini prostornog predočavanja, položaji osi i prikrate



1. Perspektivna slika je središnja projekcija u kojoj se svi bridovi u smjeru dužine sastaju u jednom središtu, a svi bridovi u smjeru širine u drugom središtu. Bridovi koji su međusobno paralelni i po duljini jednaki u prostoru, nisu takvi u perspektivnoj slici. Daje dobru zornu predodžbu predmeta, ali ne i podatke za proizvodnju.

2. Kosa projekcija ima naravne odnose (1 : 1) za dužinu i visinu, a širina koja je u naravi okomita na x i z, na slici je ukošena da se predoči treća dimenzija. Kut je promjenljiv, a može biti 30°, 45° ili 60°, a prikrata isto tako, najčešće 1 : 2. Širina bez prikrate ne bi dala zornu sliku predmeta. Provjerite to crtanjem kocke u kosoj projekciji s različitim prikratama kao što je sitno nacrtano u slici.

Upotrebljava se za predmete s ravnim plohama, dok rotacijski predmeti izgledaju u toj projekciji kao da su koso odrezani. Najlakši je način prostornog predočavanja i zbog toga se često primjenjuje.

3. Dimetrična projekcija ima neskraćene visine i dužine predočene pod kutom od 7°, a širine pod kutom od 42° i prikraćene na $^1/_2$. Ti odnosi su stalni i ne mogu se po volji mijenjati kao kod kose projekcije. Daje veoma zornu i lijepu sliku predmeta, ali ako se točno crta, teško je konstruirati elipse.

4. Izometrična projekcija nema prikrata, a dužina i širina su pod kutom od 30° prema horizontali. Slika je zorna, ali nije tako lijepa. Upotrebljava se za rotacijske predmete jer se elipse lako nadoknađuju kružnim lukovima, lako se radi, jer su sve dimenzije pod kutovima od 30° ili 60° uz vertikale, a podesna je za nošenje dimenzija predmeta.

Kod kose, dimetrične i izometrične projekcije, bridovi međusobno usporedni i jednaki u prostoru, isto su takvi i u projekciji, ali odstupanje od naravnih odnosa je u kutovima. U naravi su dužina, širina i visina međusobno okomite, a u projekciji nisu radi toga da se mogu predočiti u ravnini. Kod svih načina prostornog predočavanja može se dužina uzeti desno ili lijevo, a također i širina. Na slici 61. desno su osi nacrtane sitno u drugom mogućem položaju.

Ovdje su dana samo načela prostornog predočavanja radi toga jer će se primjenjivati, u kasnijim tumačenjima, najčešće kosa projekcija i izometrija. Učenici ne treba da crtaju prostorno, već da ono što je predočeno prostornom predodžbom predoče u prostoru knjigama, bilježnicama i tijelima i da razumiju nacrtano, ili da iz prostorne predodžbe izvedu ortogonalnu projekciju.

Prostorni načini predočavanja ne služe za proizvodnju, već samo za razjašnjenje i lakše razumijevanje. Za proizvodnju nisu podesni jer ne sadržavaju iste odnose kao predmet u prostoru i kao pravokutna projekcija.

Pitanja: **1.** Što predstavlja projekcija? — **2.** O čemu ovisi vrsta projekcije? — **3.** Koje elemente ima središnje projiciranje? — **4.** Zašto središnja projekcija nije usvojena za predočavanje u proizvodnji? — **5.** Koje je načelo usporedne projekcije? — **6.** Kakvom projekcijom se služi proizvodnja i zašto? — **7.** Načelo pravokutne projekcije. — **8.** O čemu ovisi izgled projekcije? — **9.** Kakva sve može biti projekcija nekog brida? — **10.** Što može biti projekcija neke plohe? — **11.** Što je prostorna predodžba? — **12.** Rastumačite značajke i nacrtajte kutiju šibica u perspektivi, kosoj projekciji, dimetriji i izometriji. — **13.** Čemu služe prostorne predodžbe? — **14.** Zašto se proizvodnja ne vrši po prostornim crtežima?

PRAVOKUTNA ILI ORTOGONALNA PROJEKCIJA

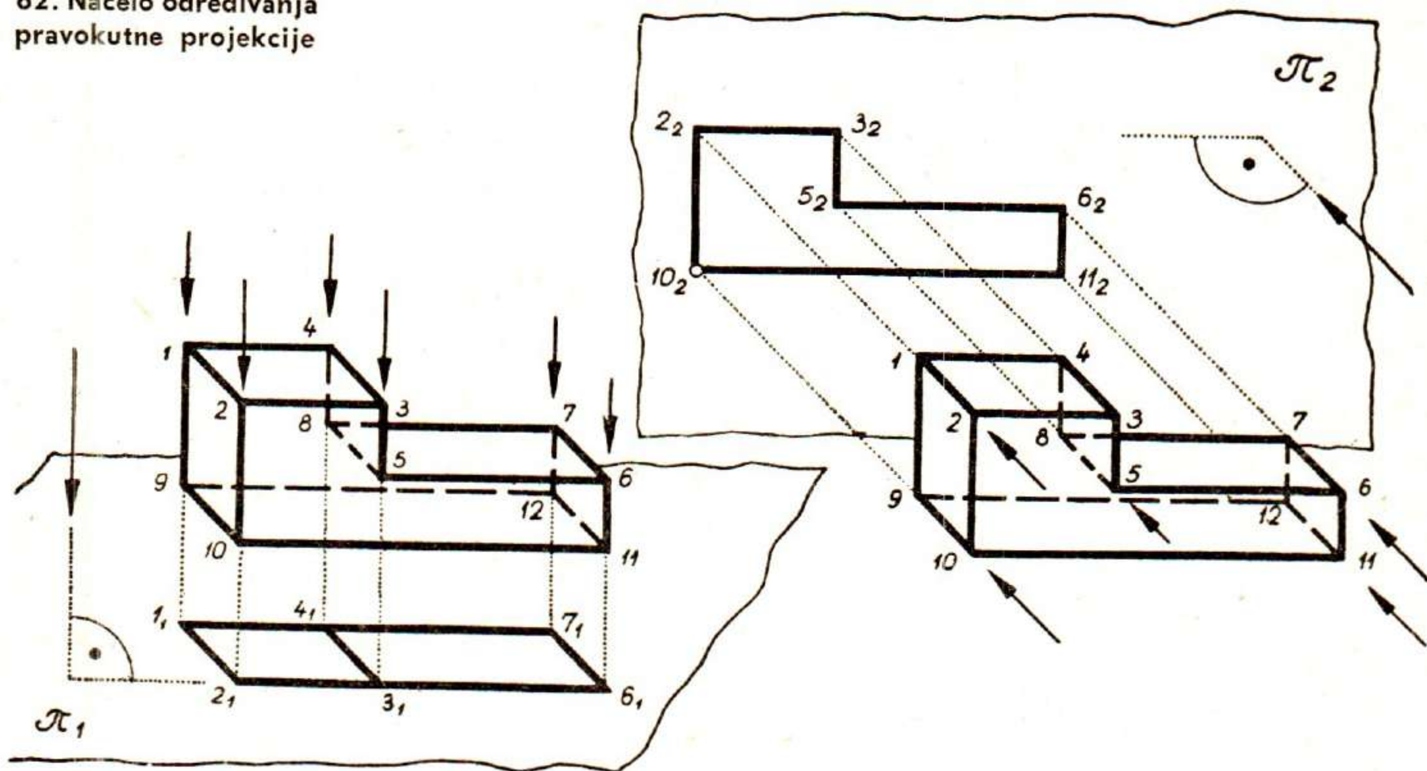
Tri su osnovna pravila ove projekcije:

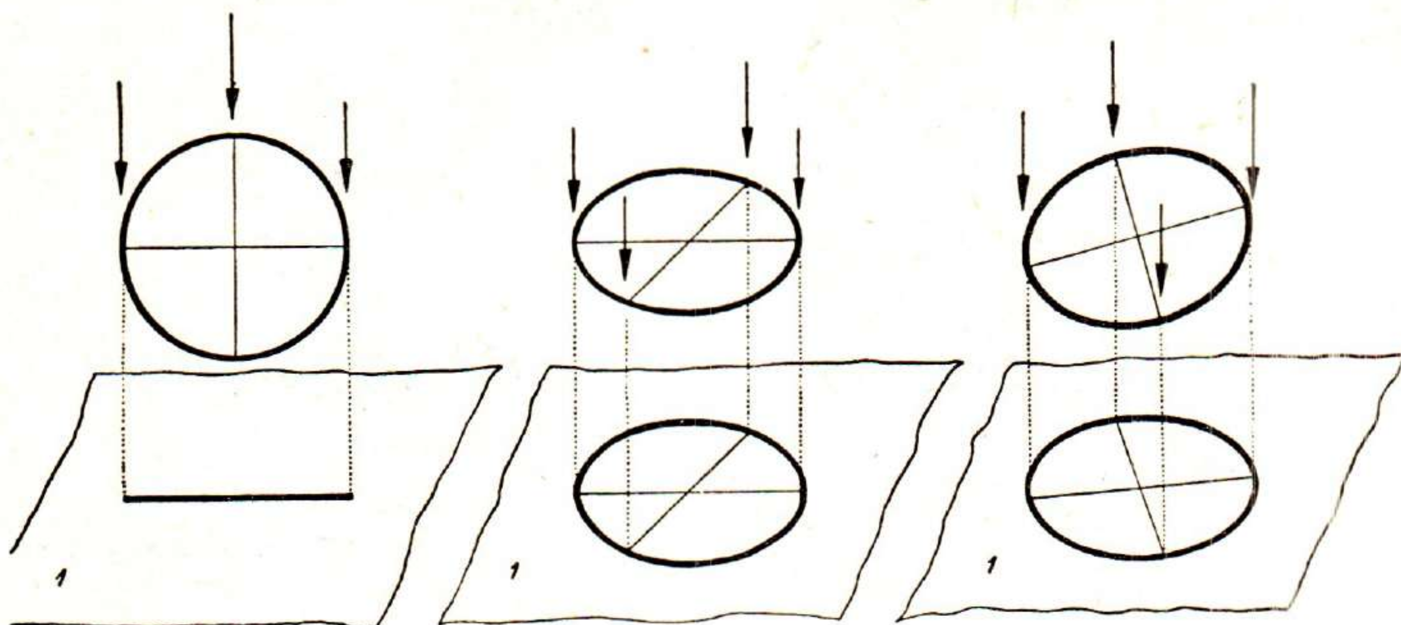
1. Zrake projiciranja ili vidne zrake okomite su na ravninu crtanja.
2. Predmet koji se crta nalazi se između crtača i ravnine.
3. Crta se onaj dio predmeta koji se vidi u smjeru projiciranja.

Crtamo li pravokutnu projekciju bilo kojeg predmeta na bilo koju ravninu crtanja, treba se postaviti pred predmet i pogled usmjeriti tako da nam vidne zrake budu okomite na ravninu crtanja. Gdje vidne zrake probadaju ravninu, tamo je projekcija. U projekciji vidjet će se svi uglovi, bridovi i plohe predmeta koji se vide na predmetu u smjeru gledanja (sl. 62.). U projekciji su jednaki odnosi kao i na predmetu u prostoru: bridovi koji zatvaraju pravi kut u prostoru zatvaraju ga i u projekciji, što je u prostoru lijevo ili gore, također je lijevo ili gore u projekciji.

Te prostorne odnose treba i te kako imati na umu kad se određuje projekcija. Samo jedno probodište odredimo po volji, a time su određena sva ostala upravo prostornim odnosima predmeta. Od odabranog probodišta treba preći na susjednu karakterističnu točku i odrediti njen polo-

62. Načelo određivanja pravokutne projekcije





63. Projekcije kružne plohe za različite položaje prema ravnini crtanja

žaj u projekciji iz prostornog odnosa i zrake projiciranja: npr. za projekciju tijela na π_2 odaberemo slobodno probodište 10_2, i od tog probodišta je negdje na okomici probodišta 2_2 jer je taj brid uspravan u prostoru, pa mora biti u projekciji; probodište je u sjecištu vertikale kroz 10_2 i zrake projiciranja kroz 2 u prostoru. Od točke 2_2 pođimo desno po horizontali jer taj položaj ima brid u prostoru; u sjecištu horizontale kroz 2_2 i zrake kroz 3 nalazi se probodište 3_2 itd. Ako je teško odrediti probodište za neku točku zbog kosih prostornih odnosa, treba početi graditi projekciju s druge strane.

Da olakšamo crtanje, postavljamo predmet prema ravninama crtanja tako da njegove plohe i bridovi budu ili okomite ili usporedne s ravninama crtanja. Kod rotacijskih predmeta treba takav položaj da zauzmu glavne središnjice predmeta. Kose opće položaje ploha izbjegavamo. Evo zašto. Uzmimo kružnu plohu (sl. 63.). Ako je ona okomita na ravninu crtanja 1, podudarat će se ploha i zrake projiciranja, pa će slika plohe u tom položaju biti dužina kojoj je duljina jednaka veličini promjera. Ako je kružna ploha usporedna s ravninom crtanja 1, bit će udaljenost zraka projiciranja od kružne plohe u prostoru do svojih probodišta jednake duljine, pa će projekcija te plohe biti jednaka plohi u prostoru, dakle omeđena pravilnom kružnicom, i projicirat će se u pravoj veličini (u slici prostorne predodžbe ispada usporedna elipsa). Napokon u trećem slučaju ako je kružna ploha kosa prema ravnini crtanja 1, projicirat će se skraćeno kao elipsa. A elipse je teško crtati. Većina strojnih dijelova je rotacijska i imaju mnogo kružnih ploha, pa bi njihovo crtanje u kosim položajima prema ravnini crtanja bilo teško, a osim toga bi projekcija bila skraćena, pa se u njoj ne bi mogle odrediti veličine. Eto, zbog toga izbjegavamo kose položaje. Provjerite rastumačeno promatranjem pro-

jekcije baze valjka (kod kuće uzmite lonac) za sva tri moguća položaja prema ravnini crtanja.

Da ne bude nesporazuma i zbrke s obzirom na dimenzije, treba da se dogovorimo što je na tijelu dužina, širina i visina. Te dimenzije moraju imati uvijek isti položaj kad promatramo tijelo pred sobom.

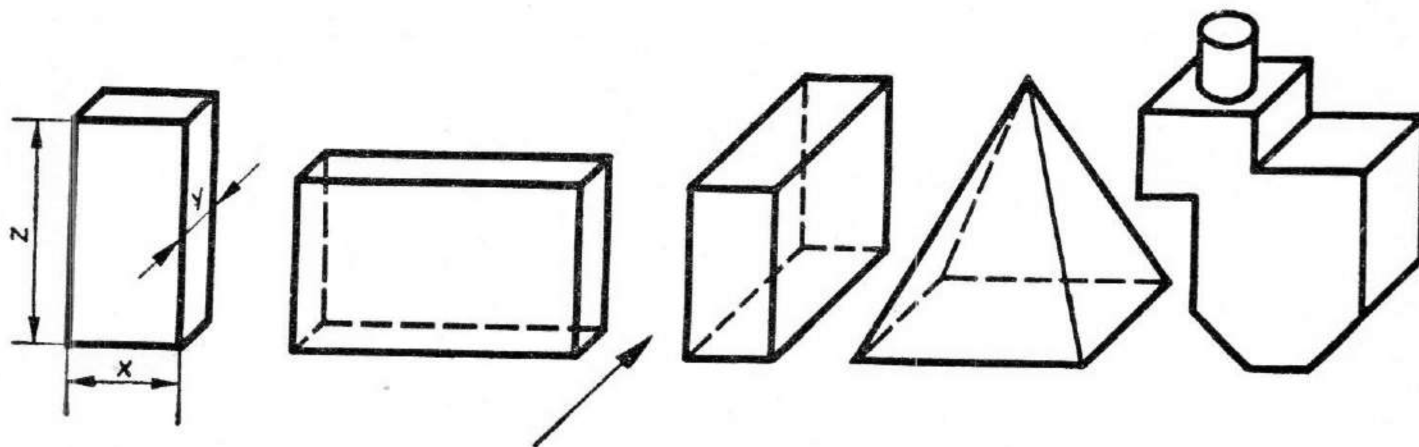
Dužina je vodoravna udaljenost od krajnje lijeve do krajnje desne točke ili plohe predmeta. *Visina* je uspravna udaljenost između najudaljenijih točaka ili ploha tijela u tom smjeru. *Širina* je, opet, vodoravna udaljenost, ali okomita na dužinu i na visinu; to je najveća vodoravna udaljenost između prednje i stražnje točke ili plohe tijela. Ovaj položaj dimenzija vrijedi kad predmet promatramo pred sobom u položaju kao što je bio za projiciranje na ravninu π_2 u sl. 62. Promatramo li ga sa strane ili odozgo, dimenzije ostanu iste, ali mi ih ne vidimo jednako kao u položaju sprijeda.

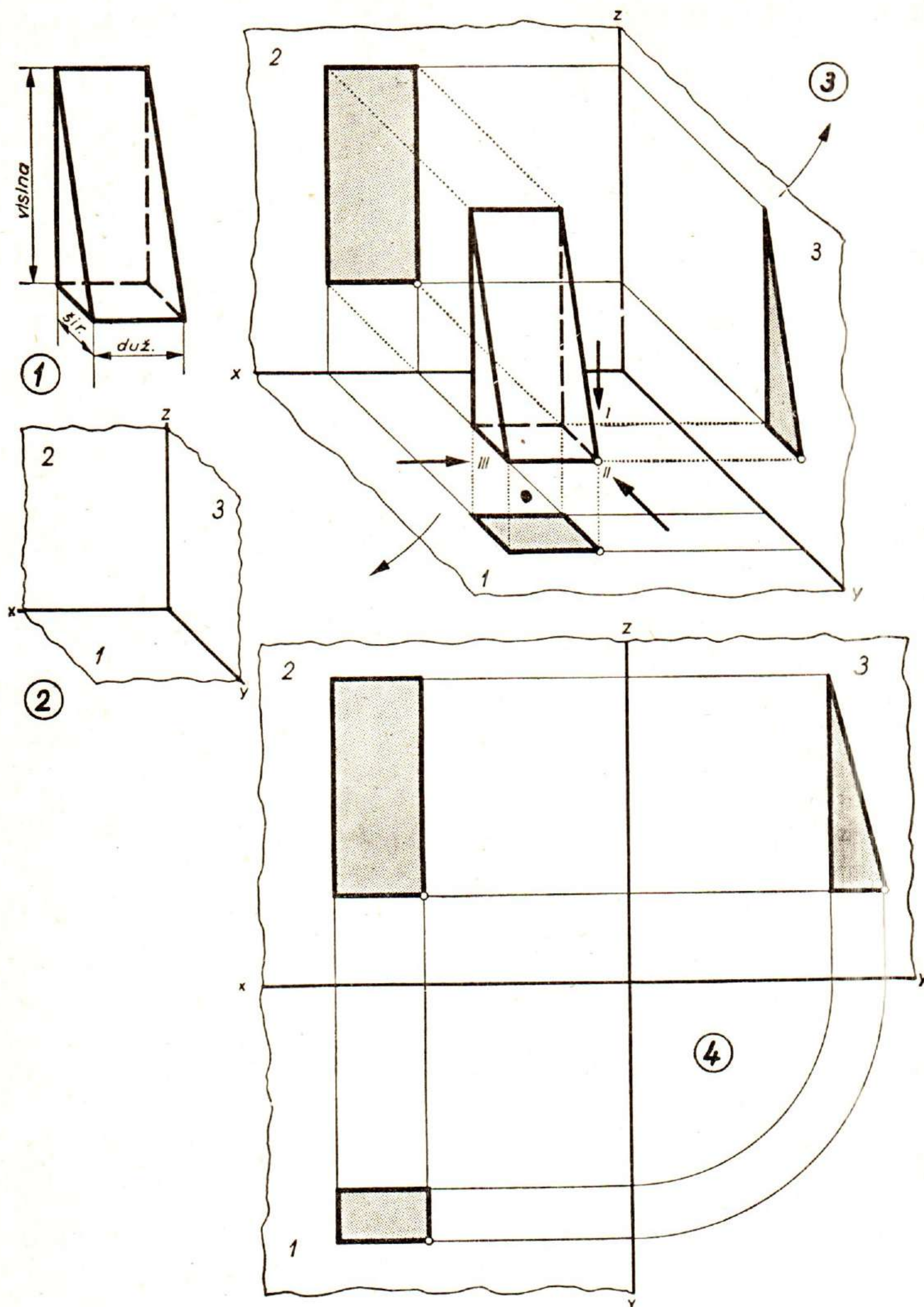
Za vježbu označite kod nacrtanih predmeta na sl. 64., slično uzoru nacrtanom lijevo, vanjske dimenzije predmeta i obilježite dužinu sa x, širinu sa y, visinu sa z. Smjer gledanja na predmete određen je bridovima i dan strelicom, jer to je pogled sprijeda. Nakon toga uzmite nekoliko različitih predmeta i izmjerite koliko mm iznose pojedine dimenzije.

Zamislimo koso odrezanu kutiju šibica (sl. 65.$_1$, djelovi slike označeni su brojevima u kružnici). Slično tijelo možemo izrezati od krumpira, jabuke, krede ili drugog materijala. Projiciramo to tijelo na ravnine koje su međusobno okomite, npr. na zidove u desnom uglu sobe (sl. 65.$_2$); na zid sprijeda (2), pod (1) i desni zid (3). Ti međusobni okomiti zidovi sijeku se u presječnicama x y z koje su također međusobno okomite. Prema tome će zrake projicirane za ravninu 2 biti u smjeru osi y, za ravninu 1 u smjeru osi z i za ravninu 3 u smjeru osi x, tj. prema uglu u kojem se sijeku te tri ravnine. Tijelo stoji u zraku prema sl. 65.$_3$ i ne mijenja svoj položaj.

Da se odredi projekcija na ravninu 2, treba iz karakterističnih točaka tijela u smjeru gledanja y = II pustiti okomice na tu ravninu. To

64. Vježbe unošenja dimenzija za različita tijela





65. Tijelo, prostorni kut i projekcija tijela na tri ravnine u prostoru i razvijeno

je učinjeno za označenu točku, a dalje točke određene su prema odnosima u prostoru u sjecištu sa zrakama projiciranja. U toj projekciji vide se dvije dimenzije: dužina i visina, a njima tijelo nije još određeno. Treba ga gledati još sa drugih strana i nacrtati još druge nove projekcije da se vidi treća dimenzija tijela.

Odredimo projekciju na ravninu 3, pa treba projicirati u smjeru III, odnosno osi x, i postaviti se s lijeve strane predmeta s pogledom prema ravnini 3. Na jednaki način odredi se probodište prve označene točke i ostalih karakterističnih točaka koje se vide u tom smjeru gledanja. U ovoj projekciji opet se vidi visina, a pored toga i širina kao treća dimenzija. Možemo gledati u smjeru I ili osi z, okomito na ravninu 1, pa odrediti projekciju na tu ravninu. U toj projekciji vidi se dužina i širina.

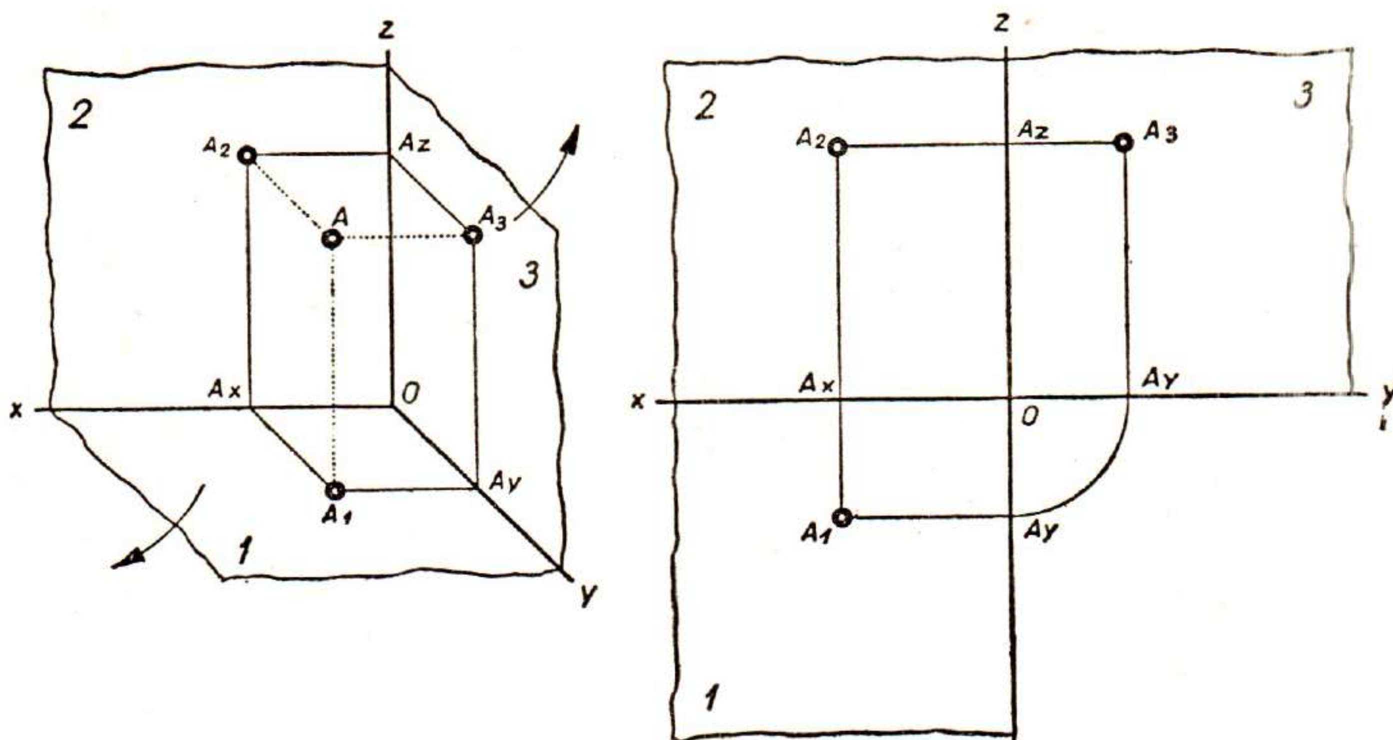
Na opisani način dobili smo pravokutne projekcije na ravninu sobe, ali to je u prostoru, a još nije u ravnini, na papiru. Da dobijemo normalnu pravokutnu projekciju, treba zamisliti da se ravnine sobe mogu, okretati oko šarki, pa ih treba razviti do položaja ravnine 2 koja ostaje na miru. Desni zid treba razrezati po presječnici y i zaokrenuti da nadesno, dak ne padne u položaj ravnine 2, a pod nadolje do istog položaja s ravninom 2. Odbacimo li tijelo, u prostoru ostaju samo tri projekcije kako je nacrtano na sl. $65._4$).

Pri projiciranju tijelo je mirovalo, a mi smo ga promatrali sprijeda, slijeva i odozgo. Svaka od dimenzija vidi se u dvije nacrtane projekcije, a ta dimenzija mora biti u obje projekcije jednaka i u položaju da se međusobno podudaraju, tj. jedna prema drugoj ne može biti pomaknuta lijevo ili desno, odnosno gore ili dolje. Kažemo da se projekcije podudaraju.

Tu zakonitost provjerimo projekcijom samo jedne točke u prostornoj i ortogonalnoj predodžbi nakon razvijanja ravnina (sl. 66.). Iz zadane točke A treba pustiti okomice (zrake projiciranja) na sve ravnine crtanja 1, 2 i 3. Gdje te zrake probadaju ravninu, tamo je projekcija. No ako smo po volji odredili jedno probodište, time su određena i ostala za dani položaj ravnina.

Odaberimo probodište A_1 na zraci kroz točku A. Zrake u prostoru i projekcije tih zraka na ravnine crtanja zatvaraju međusobno pravokutnik (zrake crtamo točkama, projekcije zraka tankom punom crtom). Projekcije zraka sežu od projekcije do osi. Na tri ravnine imat ćemo tri pravokutnika $AA_1A_yA_3$—$AA_1A_xA_2$—$AA_3A_zA_2$. (Posljednja dva izgledaju zbog ukošenja kao paralelogrami, no u stvarnosti su pravokutnici. Postavite to u prostoru i uočite ta tri pravokutnika).

Razvijmo sada ravnine i odbacimo prostor, tj. točku A sa svojim točkanim zrakama projiciranja. Ostaju samo projekcije točke i tanko crtane projekcije zraka projiciranja, i to u jednakim udaljenostima od ravnina



66. Projekcija točke na tri ravnine prostorno i razvijeno

i njihovih osi kao i u p prostoru. Spojnice projekcija točke su projekcije zraka projiciranja i svaka od tih spojnica okomita je na jednu od osi x, y, ili z; jedino se na osi y pojavljuje dva puta, pa su prenesene jednake udaljenosti od ishodišta O.

Postavite prostorni kut od kartona ili knjiga prema sl. 68., promatrajte projekcije vrha olovke kao točke, a olovku postavite ispod ravnina. Pustite okomice na ravnine i zabilježite gdje okomica probada ravninu. Zatim razvijte ravnine da biste dobili ortogonalnu projekciju i sliku 66. vidjeli zorno, jer je to osnova projiciranja.

Dužina je određena s dvije točke, a tijela s mnogo točaka. Da se dobiju njihove projekcije na više ravnina crtanja, treba zadatak po sl. 66. — projekciju točke — ponoviti više puta i projekcije tih točaka spajati kao što su spojene i u prostoru.

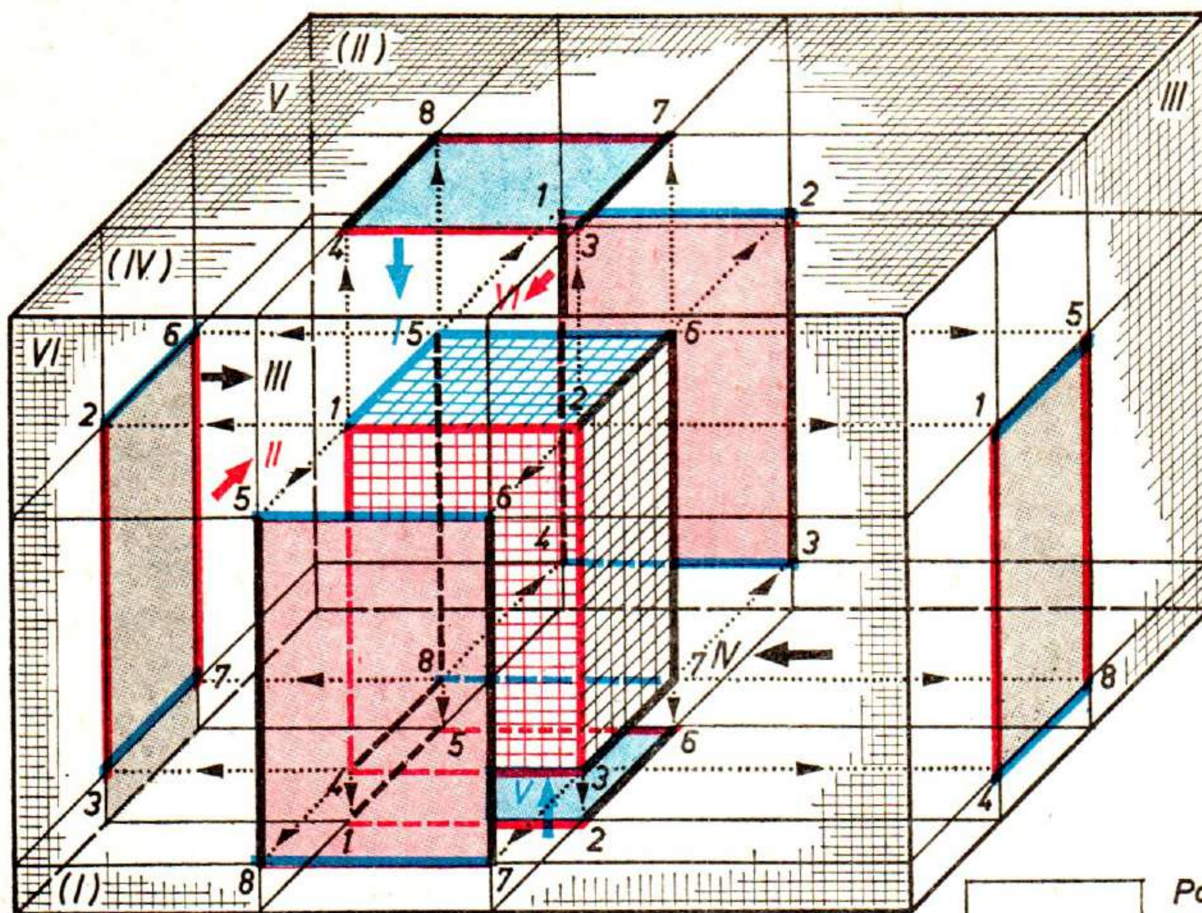
Na listu 2. zadatka nacrtane su projekcije dužina u raznim položajima prema dvije ili tri ravnine crtanja. Položaji su navedeni riječima i svaki je označen rednim brojem. U projekcijama treba potražiti položaj koji odgovara pojedinom broju i upisati broj u kružić pokraj projekcije. Za prostorno postavljanje olovke u pojedine položaje može poslužiti knjiga. Način primjene knjiga u tu svrhu prikazuje sl. 68. Pri tom treba paziti da površine budu međusobno okomite i da čine tri ravnine prostornog ugla.

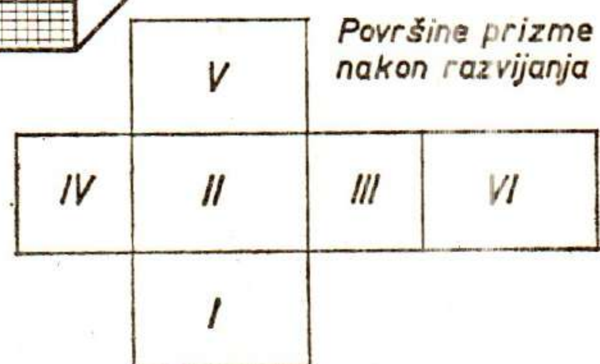
Prema sl. 65. vidimo da za tijelo nije dovoljna jedna projekcija da se vide sve dimenzije, jer tijelo ima tri, a ravnina samo dvije dimenzije. Zbog toga moramo promatrati tijelo s različitih strana da vidimo u projekcijama sve dimenzije. Broj projekcija određen je oblikom tijela. Često

strojni dijelovi imaju neke ureze, izdanke i druge oblike, pa od svakoga tog ureza i izdanka treba vidjeti sve tri dimenzije u projekcijama. Zbog toga moramo često crtati mnogo projekcija. Kad u jednoj od više nacrtanih projekcija ne bismo vidjeli ništa novo, nijednu dimenziju koja već nije prikazana ostalim projekcijama, onda je ta projekcija suvišna. Prema tome, predmet se crta u toliko projekcija koliko zahtijeva njegov oblik, a u svakoj moramo vidjeti nešto novo.

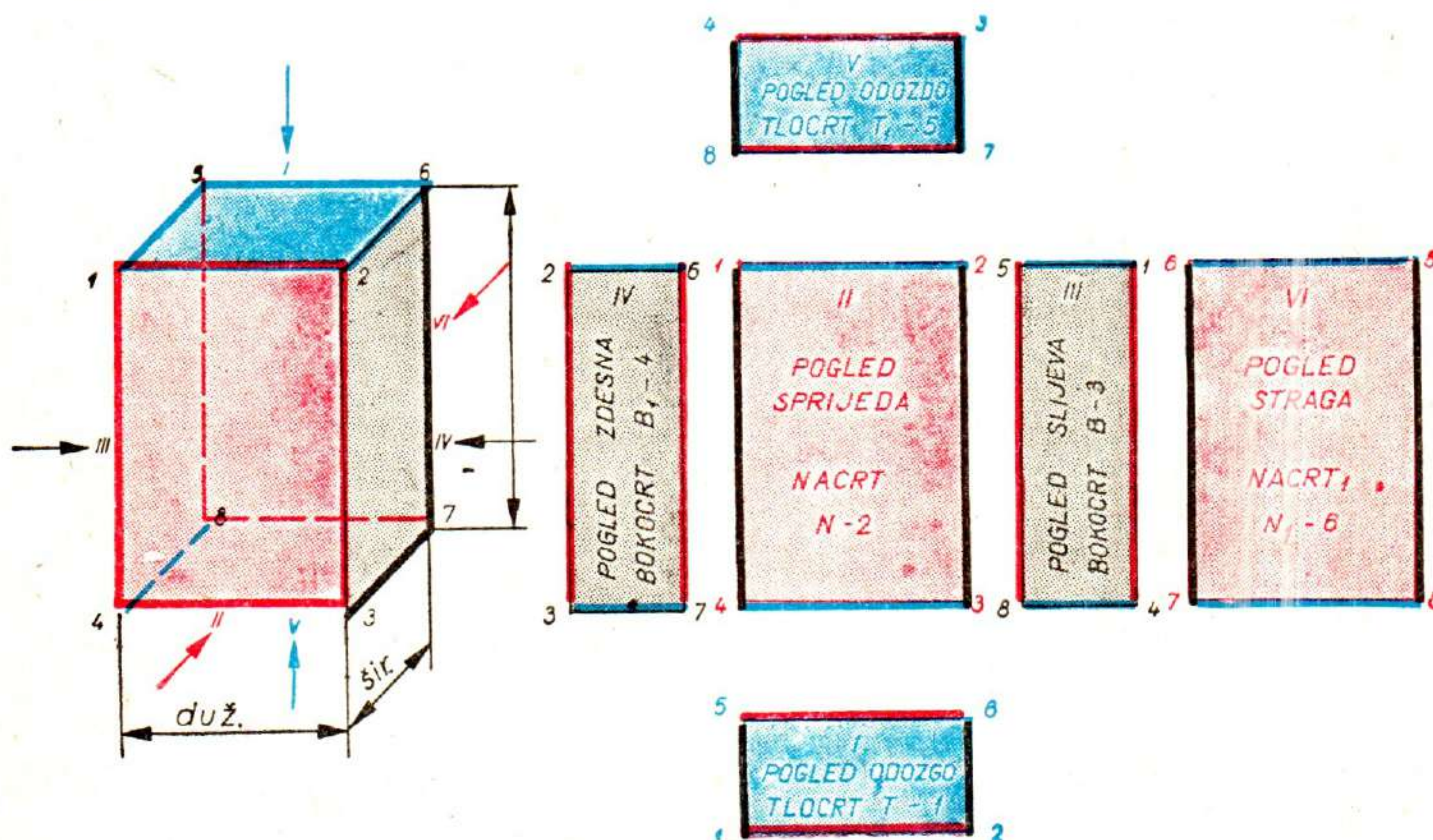
Pa u koliko projekcija se predmet može crtati? Stavimo li predmet usred pravilne sobe, imamo 6 zidova, 6 ravnina na koje možemo projicirati. Svaka od tih ravnina okomita je na sve 4 susjedne, pa se ove ravnine zovu glavne, i projekcija na svaku od tih ravnina ima svoj naziv. No mi možemo postaviti i druge ravnine koje se ne poklapaju sa zidovima sobe, a broj takvih ravnina neograničen je, pa je prema tome i broj projekcija neograničen. Za projiciranje odabrat ćemo ravnine koje nam odgovaraju i koje su paralelne sa plohama predmeta, i na te ćemo ravnine projicirati predmet dok njegov oblik ne bude potpuno određen. S obzirom na načela pravokutne projekcije, izgled svake od projekcija ne mijenja se ako je predmet bliže ili dalje od ravnine crtanja. Udaljenost ne utječe na izgled projekcije. Zbog toga treba crtati osi ravnina x, y, z. Znamo da su osi x i y bile uvijek vodoravne, a os z, uspravna. Bridovi uspravni s tim osima projicirali su se na dvije ravnine u naravnoj veličini, a brid u prostoru i obje projekcije usporedne su s tom osi, dakle u istom položaju kao i os. Dosljedno tome vodoravni i uspravni položaji bridova tijela u projekcijama nadoknađuju osi x, y, z, pa u projekcijama nije potrebno da se crtaju, u njima nema ništa nacrtano što ne pripada samome tijelu koje se projicira; imamo samo slike predmeta promatranog s različitih strana.

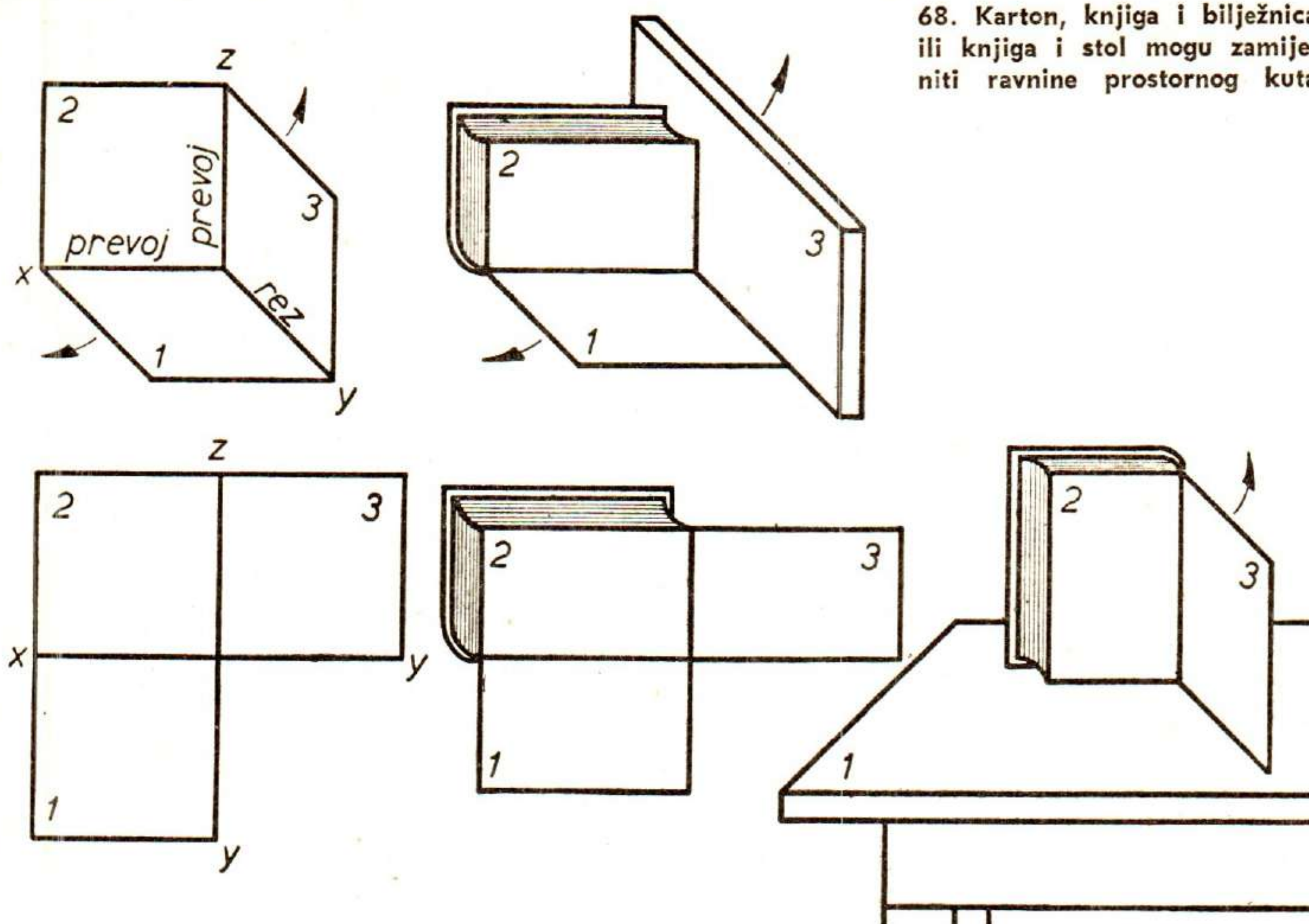
Odredimo sada nazive pojedinih projekcija i kratice kako je uobičajeno označivati pojedinu projekciju. Poradi toga uzmimo kutiju šibica, pa da se lakše snađemo, obilježimo uglove brojevima, a usporedne plohe obojimo istom bojom; prednju i stražnju najveću crveno, bočne na kojima se šibica pali sivo (boja olovke), a gornju i donju plavo (sl. 67.). Da projiciramo predmet, zamislimo da smo ga smjestili usred sobe da njegove plohe budu usporedne sa zidovima, ili u poveću prizmu pravilnog oblika (sl. 67. gore). Kada se postavimo pred prizmu, vidimo površine III-V-VI, a površine I-II-IV su nevidljive i zato su oznake u zagradama. Za svaku od projekcija treba da se postavimo pred predmet, odnosno u samu prizmu pred pojedinu površinu, da predmet bude između nas i površine na koju se projicira, a da nam vidne zrake budu okomite na ravninu na koju projiciramo. Predmet — kutija šibica — koji ima svoju dužinu, širinu i visinu miruje za vrijeme projiciranja.





67. Nazivi projekcija





68. Karton, knjiga i bilježnica ili knjiga i stol mogu zamijeniti ravnine prostornog kuta

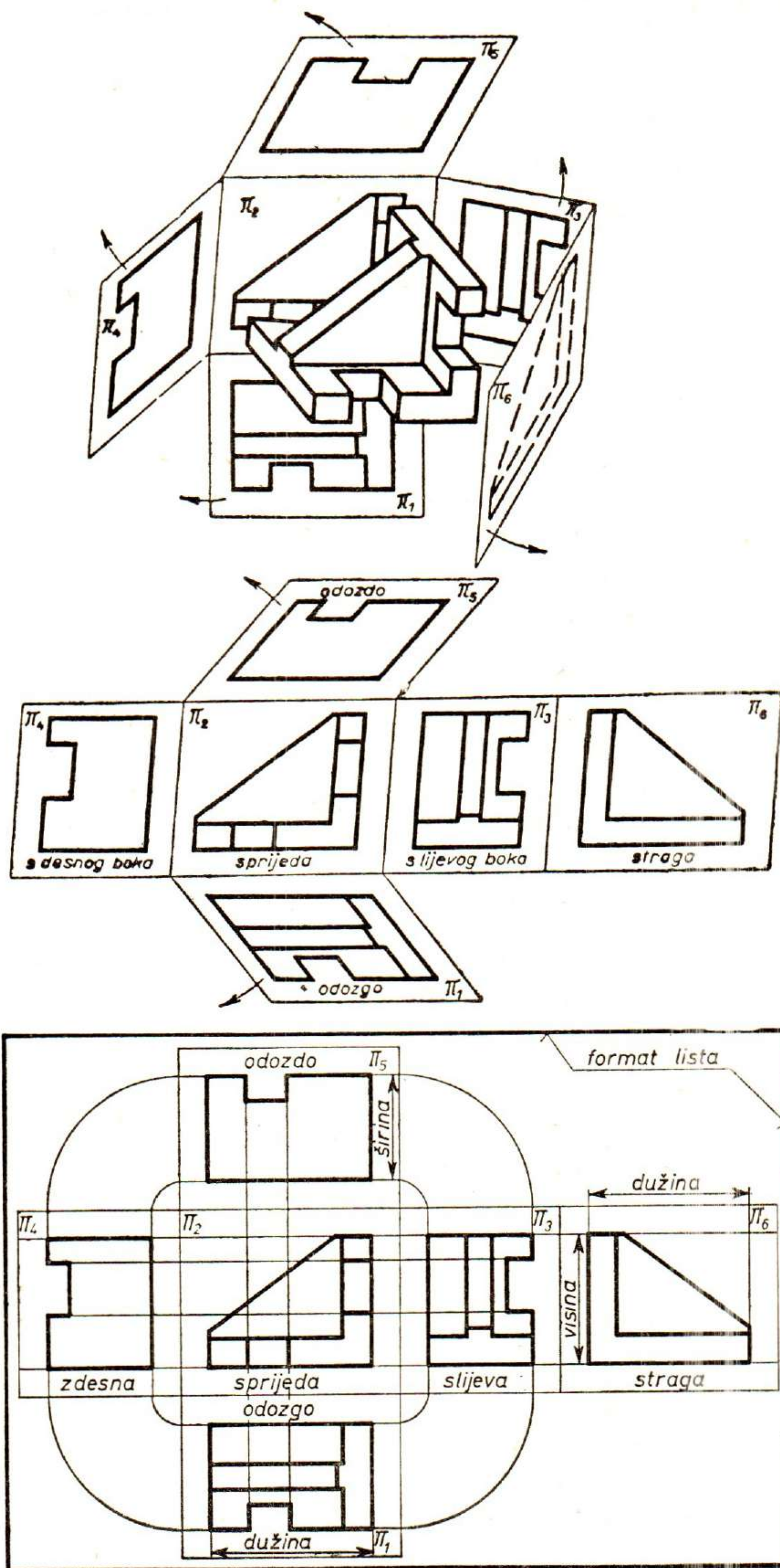
Gledajmo najprije kutiju sprijeda u smjeru II. Vidimo samo prednju plohu 1 2 3 4, jer su i zrake projiciranja i bridovi 15 - 26 - 37 - 48 i plavo i sivo obojene plohe okomiti na ravninu crtanja. Pri tome moramo se pomicati da u stvari mjesto okomitih bridova vidimo točke, a mjesto okomitih ploha crte, jer samo je u tom slučaju naš pogled okomit na ravninu crtanja. To je pogled sprijeda ili nacrt, oznaka N ili brojem 2 (isti broj za smjer gledanja i oznaku ravnine).

Pogled odozgo u smjeru I daje plohu 1 2 6 5, a ta se projekcija zove tlocrt i označuje sa T ili brojem 1. Pogled slijeva u smjeru III određuje plohu 1 4 8 5, a projekcija se zove bokocrt; oznaka B ili brojem 3.

Pogled zdesna u smjeru IV daje po obliku jednaku projekciju kao i pogled slijeva, ali je to druga ploha: 2 3 7 6. Projekcija je jednaka jer su plohe usporedne. Zove se za razliku od pogleda slijeva bokocrt i označuje s B_1 ili brojem 4. Isti su odnosi za pogled odozdo, pa je projekcija na strop 3 4 8 7, a zove se $tlocrt_1$ ili 5, i konačno pogled straga u smjeru VI daje plohu 5 6 7 8, a zove se nacrt, kratica N_1 ili 6. Istu sliku bismo dobili da smo razvili sve površine prizme s projekcijama kutije do položaja površine II.

Pogledajte koje dimenzije vidite u svakoj od nacrtanih projekcija.

Ovih šest projekcija na šest glavnih ravnina crtanja imaju određene nazive. Projekcije na ostale kose ravnine, koje se crtaju ako to oblik predmeta zahtijeva, nemaju posebna imena i zovu se zajedničkim imenom

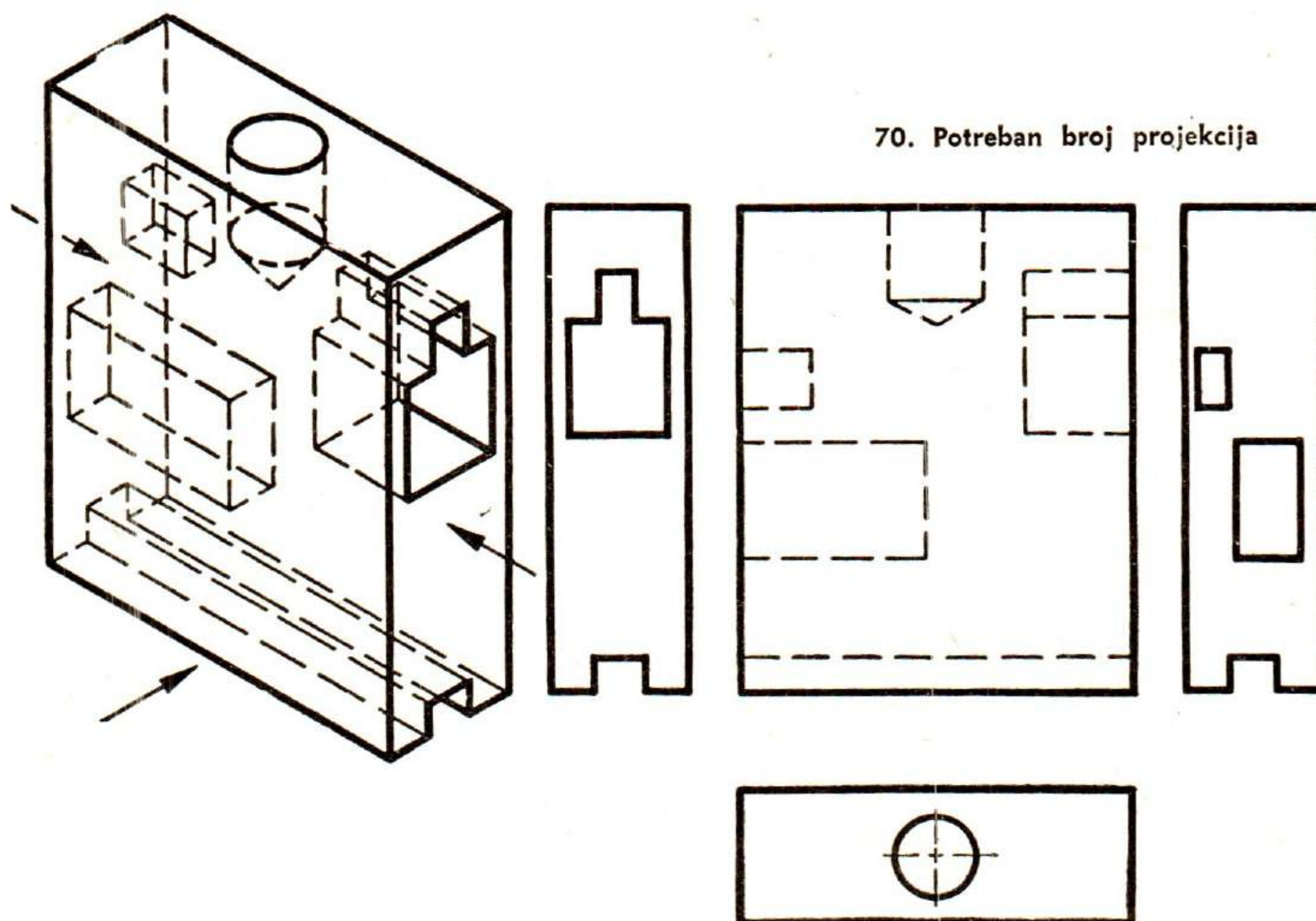


69. Razvijanje prostornih ravnina i dimenzija u projekcijama

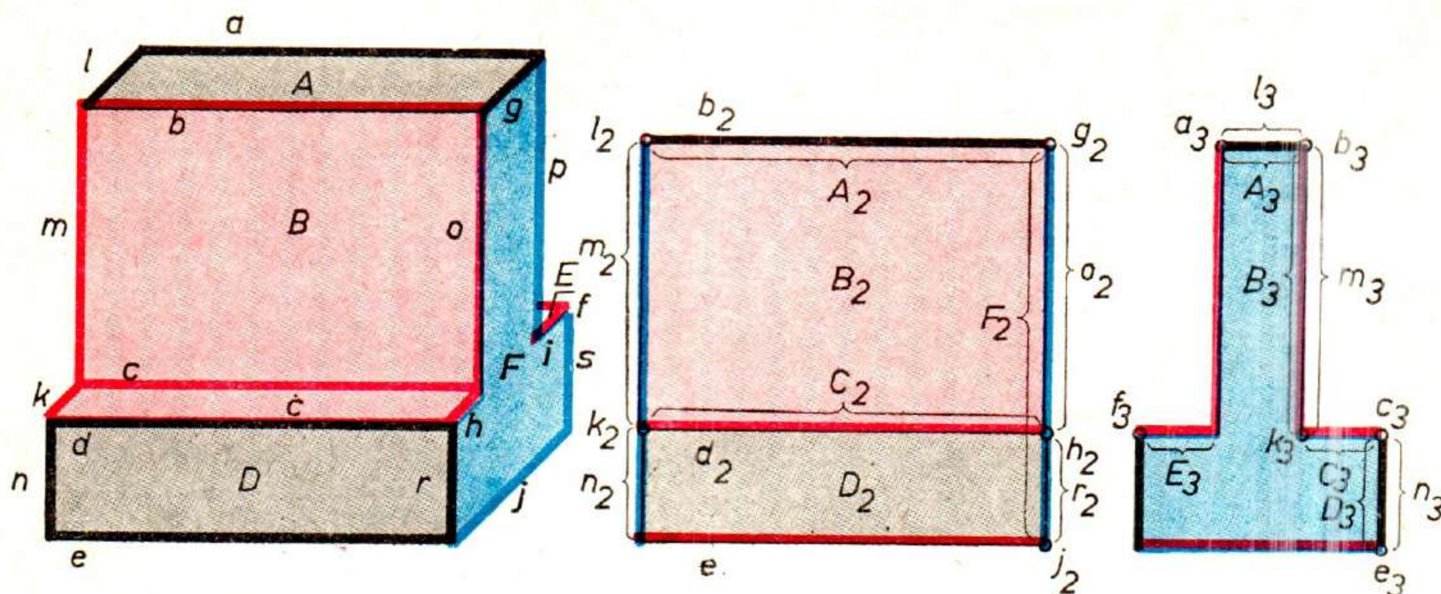
stranocrti. Takvi stranocrti će se primjenjivati ako predmet ima kose površine ili dijelove, pa će se postaviti pomoćna kosa ravnina usporedno kosom dijelu da i taj kosi dio dobijemo u projekciji u naravnoj veličini potrebnoj za kotiranje.

Spomenuto je da smo se za svaku projekciju morali postaviti ispred predmeta i gledati okomito na ravninu crtanja (zid sobe). Te zidove smo za normalnu pravokutnu projekciju morali razviti u jednu ravninu, u položaj ravnine π_2. Na sl. 69. prikazan je složeniji predmet i određene su projekcije za svaku od ravnina, a zatim je prikazano početno razvijanje, ispod toga razvijene ravnine $\pi_{2,3,4,6}$, dok ravnine π_1 i π_5 još nisu potpuno razvijene, i u trećoj slici su prikazane potpuno razvijene sve ravnine. Svaki učenik može sam izraditi prostorni kut s ravninama 1-2-3 od kartona, a može poslužiti i knjiga (sl. 68.). Treću i ostale ravnine može predstavljati bilježnica. Dva susjeda u klupi mogu podržavati predmet i ravnine (knjigu i bilježnicu), promatrati projekcije i razvijati ravnine da potpuno razumiju tumačeno pa da mogu stvarati zaključke. Knjiga se može postaviti okomito na stol (sl. 68.), samo je onda normalno razvijanje otešćano, jer stol ne možemo zakretati prema dolje.

Vratimo se na sl. 69. i pogledajmo koje dimenzije vidimo u svakoj od projekcija. Visine su vidljive u pogledu zdesna (B_1), sprijeda (N), slijeva (B) i straga (N_1), dužine u pogledu odozdo (T_1), sprijeda (N), odozgo (T) i straga (N_1), a širine u pogledu zdesna (B_1), odozdo (T_1), slijeva (B) i odozgo (T). Uočimo i poredak tih dimenzija.



70. Potreban broj projekcija

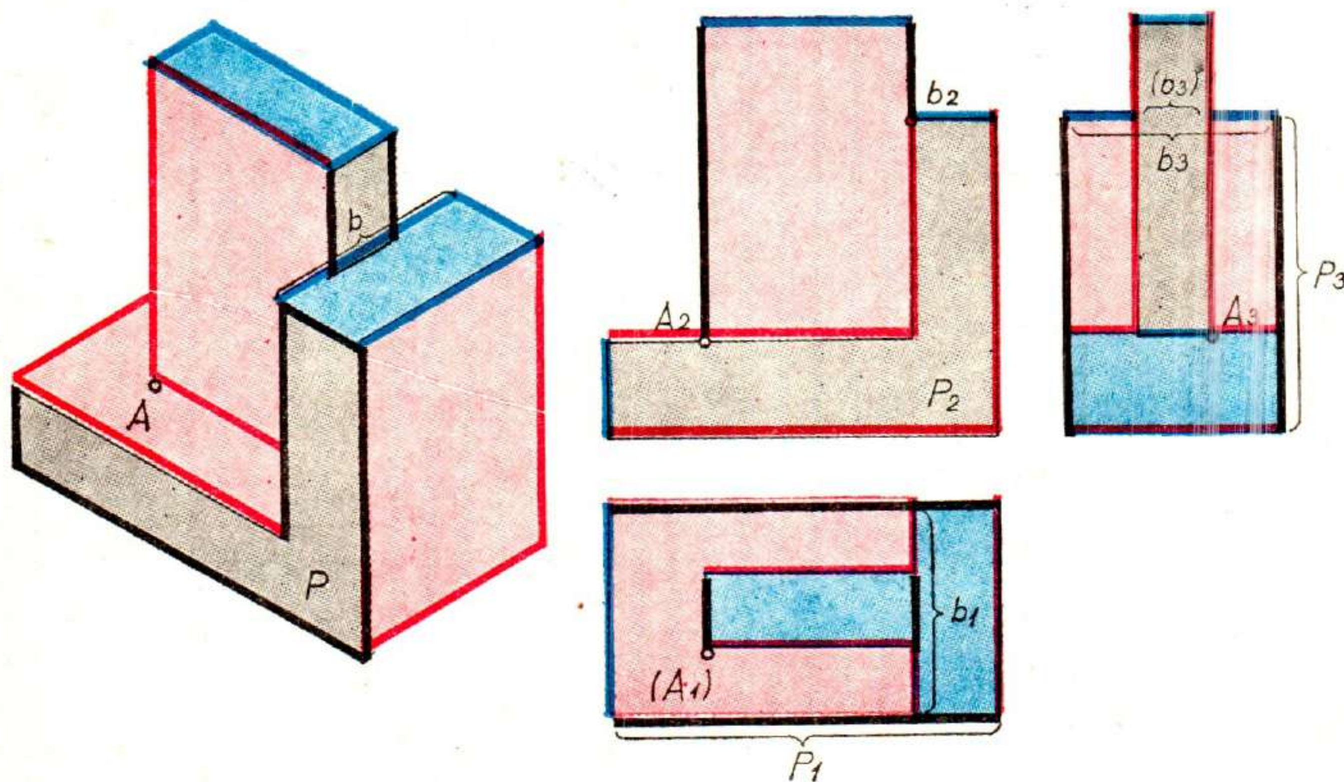


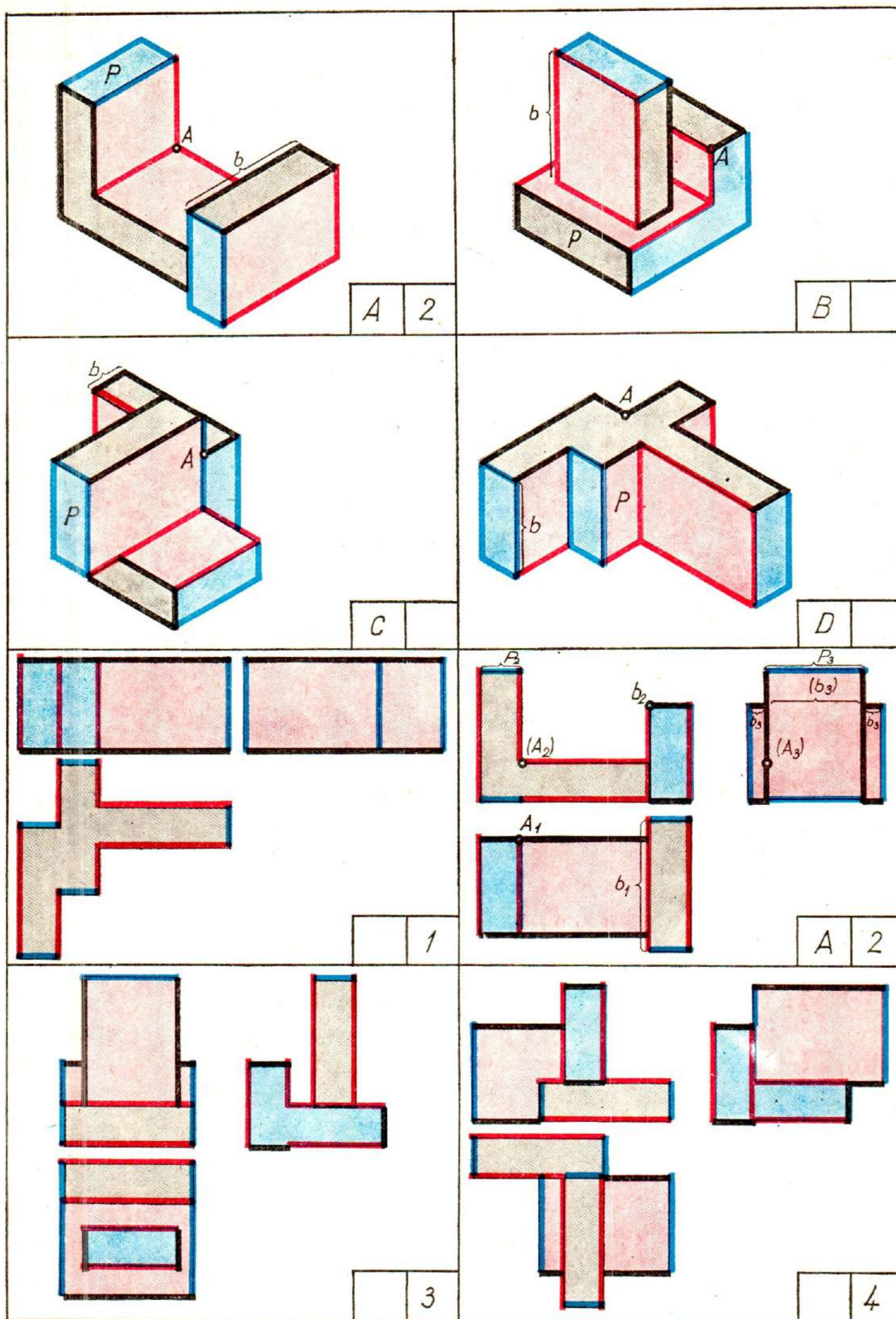
71. Analiza projekcija

Nazive projekcija i dimenzije koje se vide u svakoj projekciji moramo znati sigurno, bez duljeg razmišljanja, kao u matematici jedanput-jedan.

Da shvatimo oblik predmeta nacrtanog na sl. 67. i 68., nisu bile potrebne sve nacrtane projekcije, jer više njih ne daju ništa novo što s drugim projekcijama nije već određeno. Bez primjene drugih pravila i običaja u tehničkom crtanju, predmet mora biti predočen najmanje s dvije projekcije od kojih jedna svakako mora biti nacrt. Taj nikada ne

72. Vježba u shvaćanju projekcija





73. Zadaci za vježbu u shvaćanju projekcije b

smije nedostajati. Druga projekcija može biti bilo koja. To proizlazi otuda, što projekcijama moramo vidjeti tri dimenzije tijela, a u jednoj projekciji vidimo samo dvije. Prema tome, za kutiju šibica dostaju samo dvije projekcije N i T ili N i B. No zamislimo opet tijelo u obliku kutije šibica koje ima više ureza, utora i uvrta (sl. 70.), pa utvrdimo koliko je projekcija potrebno u tom slučaju da i od svakog dijela predmeta vidimo sve tri dimenzije.

Zbog uvrta gore trebamo pogled odozgo, zbog ureza desno pogled zdesna, zbog ureza lijevo pogled slijeva, a zbog utora dolje ne treba pogled odozdo, jer dužinu, visinu i širinu utora vidimo iz nacrta i bokocrta. Svakako treba pogled sprijeda koji ne smije nikada nedostajati. Treba da vidimo i dubine tih uvrta, ureza i utora, pa moramo u nacrtu crtkati nevidljive bridove. Za ovo tijelo potrebne su četiri projekcije da se vide dimenzije i oblik svakog njegovog dijela. Da nema ureza, uvrta i utora, dostajale bi samo dvije projekcije, a da nema uvrta slijeva, bile bi dosta samo tri projekcije: N, T i B_1. Provjerite u kojim projekcijama se vide dimenzije cijelog tijela i svakog njegovog dijela.

Da steknemo sigurnost u projiciranju, složimo na različite načine dvije pa kasnije tri kutije šibica, označimo plohe bojama kao na sl. 67., a vidljive bridove i plohe slovima, pa odredimo potreban broj projekcija. Na sl. 71. složene su dvije kutije šibica, a da iz projekcija dobijemo zornu sliku predmeta sa svim dimenzijama, dostaju dvije projekcije.

Promatrajmo sada pojedine plohe i bridove u prostoru i u projekcijama. (U projekcijama su pojedine plohe označene unutar projekcije, a bridovi izvan projekcije.) Ploha A okomita je na ravninu 2, pa se projicira kao dužina u cijeloj duljini predmeta. Na bokocrt je također okomita, pa će njena projekcija biti opet dužina, a duljina te dužine jednaka je širini predmeta. Duljina plohe A vidi se u nacrtu (N), a širina u bokocrtu (B).

Ploha B vidi se u N u pravoj veličini jer je usporedna s ravninom crtanja. Na bokocrtnu ravninu je okomita, i njena projekcija je dužina kojoj je duljina jednaka visini plohe. Dimenzije su ove: u nacrtu duljina i visina, a u bokocrtu opet visina, a naravno da ta mora biti jednaka kao i u N.

Ploha C je usporedna s plohom A, pa se mora projicirati jednako: kao dužina u N i B jer je okomita na te ravnine. Duljina se vidi u N, a širina u B. Isto vrijedi za plohu E. Ploha D projicira se jednako kao i ploha B jer su usporedne. Ploha F, koja nastaje od obiju kutija šibica, okomita je na nacrtnu ravninu i projicirat će se na nju kao dužina. U toj projekciji vidi se visina te plohe. S bokocrtnom ravninom je usporedna

i morala bi se projicirati u pravoj veličini, ali se ta ploha F u bokocrtu u pogledu slijeva ne vidi, nego isto takva prednja ploha koja je s njom usporedna. Obje širine te plohe vide se u bokocrtu.

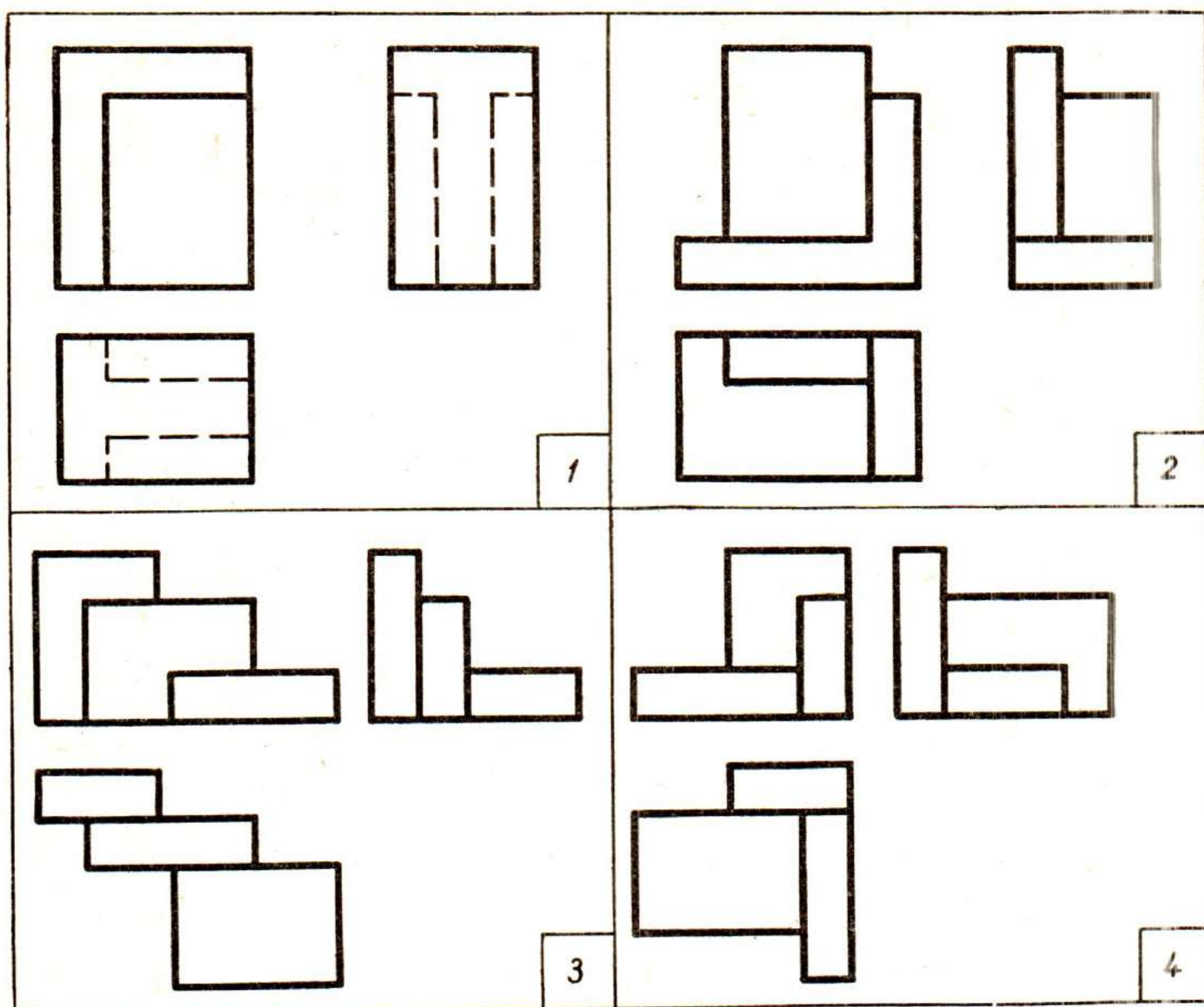
Za analizu bridova zamislimo da predmet uopće nema ploha, nego da je sastavljen od žica. Vodoravni bridovi, koji su usporedni s nacrtnom ravninom, okomiti su na bokocrtnu ravninu pa će se u nacrtu projicirati u pravoj veličini, a u bokocrtu kao točke. To su bridovi a-b-c-d-e-f, samo se u N svi ne vide jer su neki od njih prekriveni drugim bridovima (a-c). Uspravni bridovi m-n-o-p-r-s usporedni su s N i B, pa se projiciraju u obje projekcije u naravnoj veličini ako se vide u smjeru projiciranja, tj. ako nisu prekriveni drugim jednakim bridovima. Treća skupina bridova u smjeru širine g-h-i-j-k-l okomita je na nacrtnu ravninu, i njihove projekcije na tu ravninu bit će točke, a na bokocrtnu dužine jer su bridovi usporedni s bokocrtnom ravninom crtanja (u B vide se samo bridovi 1-k).

Kutije šibica složene prema sl. 72. nacrtajmo u tri projekcije, ali ne označujmo sve bridove i plohe slovima, nego samo po jednu zadanu, a plohe označimo bojama kao i prije. U sve tri projekcije označimo zadanu plohu P i brid b, a prema točki A_3 odredimo njen položaj u prostoru i ostalim projekcijama. Ako su točka, brid ili ploha nevidljivi treba oznaku staviti u zagradu. Kod projekcija ploha i bridova koje se projiciraju kao dužine treba doseg odrediti viticom.

Na isti način možete sami slagati kutije šibica, odrediti projekcije i izvršiti analizu pojedinih točaka, bridova i ploha. Još je bolje analizu vršiti udvoje: jedan učenik da pita, a drugi da odgovara. Ne zaboravite utvrditi zašto se brid ili ploha projicira kao točka, odnosno dužina, a zašto i kada u pravoj veličini. Nekoliko zadataka dano je na sl. 73. i 74.

Pogledajmo još jednom podudaranje projekcija koje može pomoći u analizi. Spojnice istih točaka u nacrtu i tlocrtima leže na vertikali, a spojnice nacrta i bokocrta na horizontali. Projekcije brida ili plohe moraju također ležati između paralela za krajnje točke, a ne može jedna projekcija prema drugoj biti pomaknuta. Ako je projekcija brida u jednoj od projekcija točka, druge projekcije tog brida moraju ležati na horizontali ili vertikali jer taj brid mora biti usporedan s ostale dvije ravnine. Pojedine dimenzije koje se vide u više projekcija moraju biti u svim projekcijama, u kojima se pojavljuju, jednake. Ovakvo promatranje i provjeravanje projekcija dobar je način kontrole i put za stjecanje sigurnosti u radu.

Zadatak sl. 73: Različiti sastavi triju kutija šibica nacrtani su prostorno za 4 slučaja i označeni s A, B, C, D. Dolje su dane ortogonalne projekcije tih sastava, označene sa 1, 2, 3, 4. Usporedne plohe označene



74. Sastavljanje kutija šibica prema crtežu

su bojama. — Potrebno je u praznom kvadratiću označiti koji broj ortogonalne projekcije pripada prostornoj predodžbi, i obrnuto koje slovo prostorne predodžbe pripada pravokutnoj projekciji. Zatim treba u pravokutnoj projekciji označiti točku A, brid b i označenu plohu P u sve tri projekcije s indeksom projekcije, a ispravnost rješenja provjeriti podudaranjem. Ako su točka, brid ili ploha, nevidljivi, staviti oznaku u zagradi, a ako se brid ili ploha projiciraju kao kružnice, odrediti doseg viticom.

Primjer kako treba rješavati ove zadatke naveden je za slučaj A. Riješite jednako ostala tri slučaja.

Zadatak sl. 74: Sastavite tijela od tri kutije šibica prema danim crtežima pa s drugom analizirajte podudaranje pojedinih točaka, bridova i ploha. Sastavite nekoliko sličnih zadataka, a drugi neka ih rješavaju.

Za utvrđivanje znanja o razumijevanju projekcija pomoći će osim zadataka na sl. 73. i 74. označivanje ploha, bridova i točaka. Rješavanjem sličnih zadataka steći će početnici sigurnost u shvaćanju projekcija.

Na listu 3. zadataka predočene su s projekcijama jedna, dvije i tri kutije šibica u različitim međusobnim položajima. Projekcije su crtane tanko. Svaku plohu koja se projicira treba opet kao plohu obojiti pripadnom bojom, a plohu koja se projicira kao dužina izvući odgovarajućom bojom. Pri prekrivanju prednost ima ploha vidljiva u smjeru projiciranja. Pazite, kod svake plohe dolaze sve tri boje, i to površina se oboji jednom bojom, a dužine koje ju omeđuju i koje su projekcije drugih ploha s druge dvije boje.

Na listu 4. predočena su razna tijela prostorno i u ortogonalnoj projekciji. Kod prostorne slike bridovi su u prekidima označeni slovima. Istim slovima treba obilježiti vidljive položaje bridova u svakoj od projekcija u ostavljenom prekidu ili ako je projekcija brida točka označiti je kružićem i obilježiti pripadnim slovom.

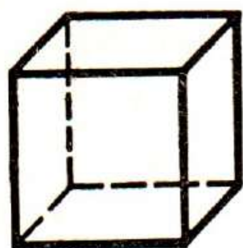
Na listu 5. nacrtana su dva tijela opet prostorno i u ortogonalnoj projekciji. U prostornoj slici obilježene se neke točke velikim slovima. Treba potražiti položaje tih točaka u svakoj nacrtanoj projekciji i obilježiti istim slovom. Ako točka nije direktno vidljiva, treba slovo staviti u zagrade.

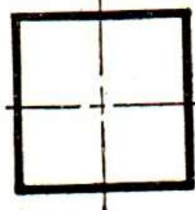
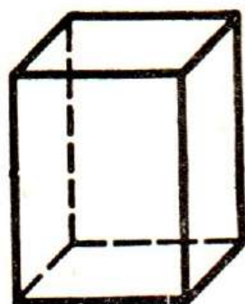
Na listu 6. predočena su tijela samo pravokutnim projekcijama i u svakoj projekciji obilježena je poneka točka. Treba odrediti položaje tih točaka u ostalim projekcijama, a slovo za nevidljive položaje staviti u zagrade. Na listu 5. i 6. svaka točka mora biti obilježena u svakoj nacrtanoj projekciji.

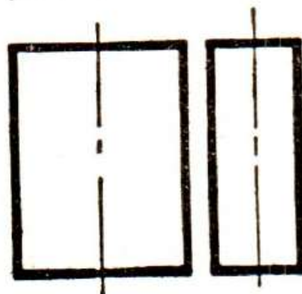
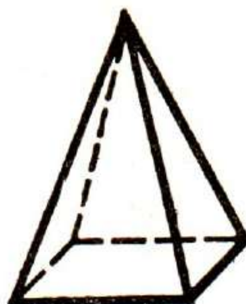
Na listu 7. predočene su prozirne kocke prostorno i u ortogonalnoj projekciji. Bridovima kocaka savijeno je 10 dijelova žice, a u prostornoj slici žica je nacrtana debelo i svaki njezin dio označen brojem. Žicu treba nacrtati debelim crtama u tanko nacrtanim projekcijama kocaka i u svakoj projekciji svaki dio obilježiti brojem. Projekcija pojedinih dijelova žice bit će dužine ili točke, a obilježavanje mora ići redom kao u prostornoj slici. U istu crtu mogu se projicirati dva ili više dijelova žice.

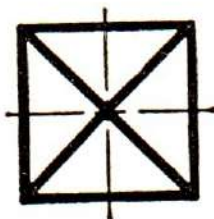
Početnici često griješe te ne smještaju projekcije pravilno, kako proizlazi iz pravilnog gledanja i razvijanja ravnina prema sl. 65.—69. Za vježbanje, nepravilno smještene projekcije treba nacrtati ponovno, ali da im smještaj bude pravilan.

Svima su poznata geometrijska tijela: kocka, prizma, piramida i krnja piramida, kao i rotacijska geometrijska tijela: valjak, stožac, krnji stožac i kugla. Pokušajmo ih nacrtati pravokutnom projekcijom, a broj projekcija odabrati tako da nijedna ne bude suvišna. Nacrt ne smije nedostajati. To je predočeno prostorno i ispod toga u pravokutnoj projekciji na sl. 75.

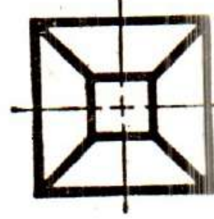
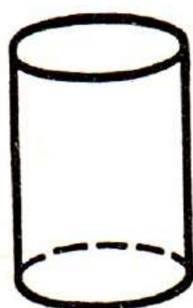










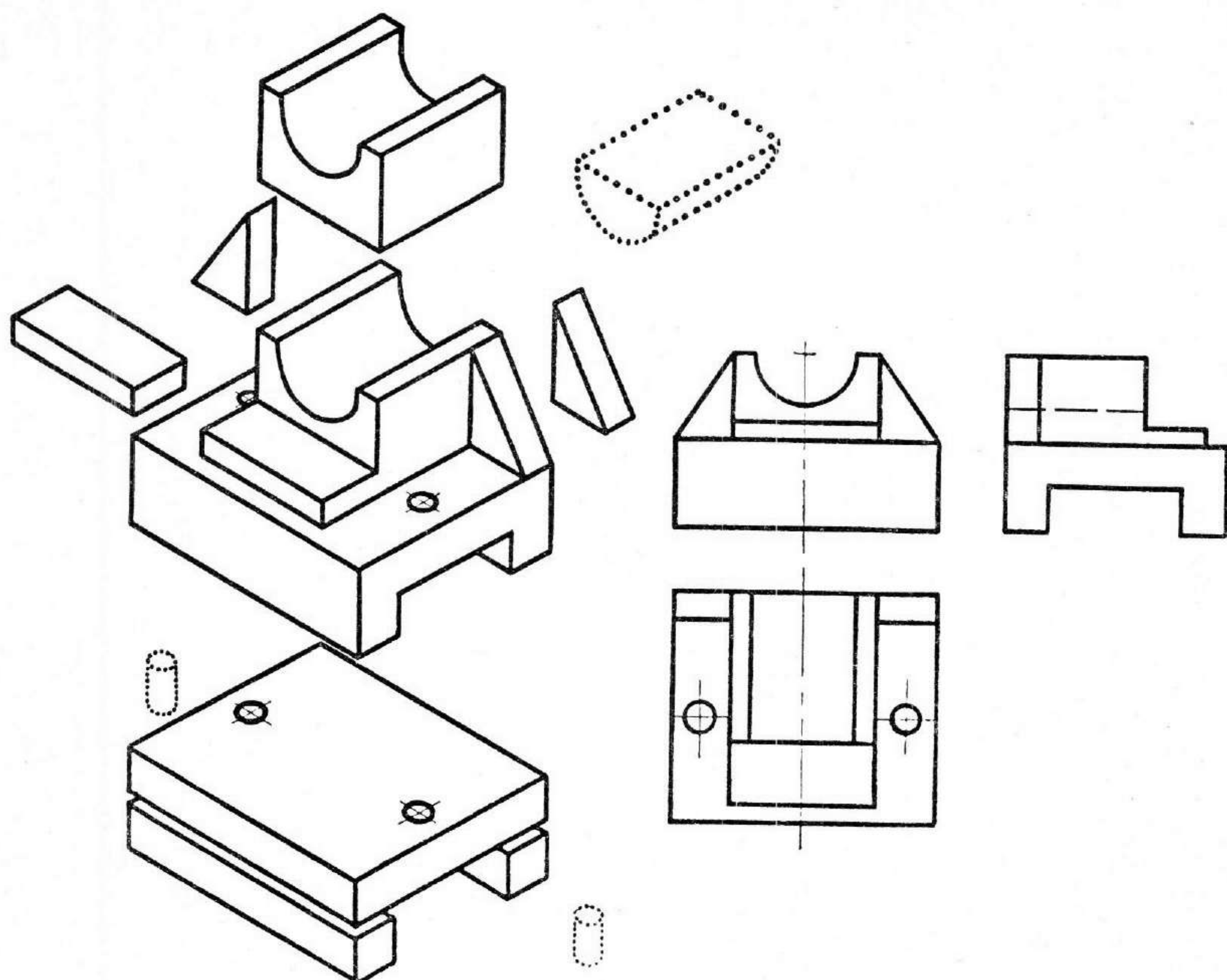








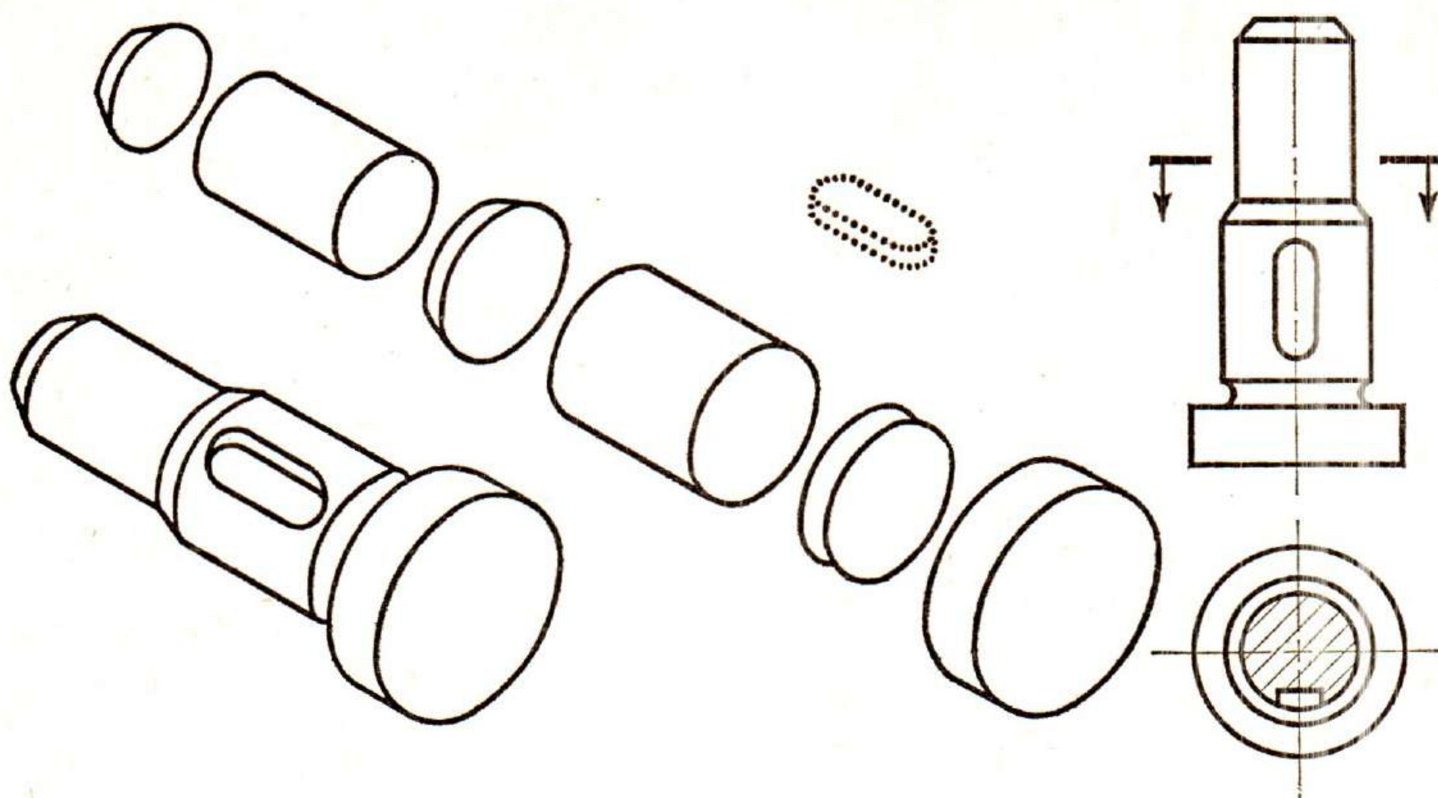

75. Pravokutne projekcije geometrijskih tijela



76. Zamišljeno rastavljanje predmeta na temeljna geometrijska tijela

Tih 8 osnovnih geometrijskih tijela imaju u tehnici važnu ulogu jer su strojni dijelovi uglavnom sastavljeni od ovakvih tijela. Obrada je ovakvih oblika najjednostavnija jer se kod kocke, prizme, piramide i krnje piramide vrši po pravcu (ravne plohe), a kod valjka, stošca, krnjeg stošca i kugle rotacijom po kružnici. Takva obrada moguća je na običnim jeftinim strojevima, dok bi drugi kompliciraniji oblici ploha zahtijevali skupe specijalne strojeve, pa se takvi oblici ne daju bez naročite nužde.

Kad crtamo strojne dijelove, valja ih u mislima rastaviti na navedena temeljna tijela i graditi oblik crtanjem tih geometrijskih tijela, pa će samo crtanje biti mnogo lakše. Na sl. 76. prikazan je predmet uglavnom s ravnim plohama. Lijevo je nacrtan prostorno i raščlanjen na elemente, a ti elementi su različita jednostavna geometrijska tijela. Dijelovi koji treba da se izvade iz materijala nacrtani su točkasto. Desno je dana pravokutna projekcija s tri pogleda koja se crta crtanjem svakog pojedinog elementa u svakom smjeru projiciranja.



77. Zamišljeno rastavljanje rotacijskog predmeta na temeljna geometrijska tijela

Na sl. 77. dan je sličan primjer za rotacijsko tijelo. Vidimo da se to tijelo sastoji od dva krnja stošca, tri valjka, jednog valjka s polukružnim urezom na plaštu (takvo tijelo se zove torus ili anuloid), a da se vadi prizma s polukružnim zaobljenjem na krajevima. Desno je nacrtana ortogonalna projekcija tog strojnog dijela.

Postoje mnogi načini da se uvježba razumijevanje i pravilno crtanje pravokutne projekcije. Neki zadaci za takvo uvježbavanje dani su na listovima 3.—8. Može se dati crtež pa po crtežu sastavljati predmet od priređenih elemenata kao na sl. 74. (mogu se prirediti i drugi elementi), ili po crtežu savijati žicu (zadaci na listu 7.), ili crtati strojne dijelove pravilnim gledanjem predmeta. Iz prostorne predodžbe može se nacrtati pravokutna projekcija, pa su na sl. 78. poradi toga predočeni različiti predmeti u izometričkoj projekciji. Za lakše crtanje može služiti podložak s mrežom predočen na listu 16. Povrh podloška stavite tanji papir da se vidi mreža, pa crtajte tijelo za tijelom držeći se danih dimenzija i odabranog mjerila crtanja. Slični zadaci obuhvaćeni su listovima 9. i 10. Zadajte sami smjer projiciranja za nacrt (može biti u dva različita smjera za isti predmet) pa izvedite pravokutnu projekciju i kontrolirajte podudaranje pojedinih ploha i bridova. Možete po prostornoj predodžbi nacrtati dvije projekcije, a treću izvesti na temelju podudaranja iz nacrtanih projekcija kao na primjeru sl. 79. To su tzv. dopunske projekcije, a ovdje su T i N crtani nešto tanje jer se iz tih dviju projekcija izveo bokocrt.

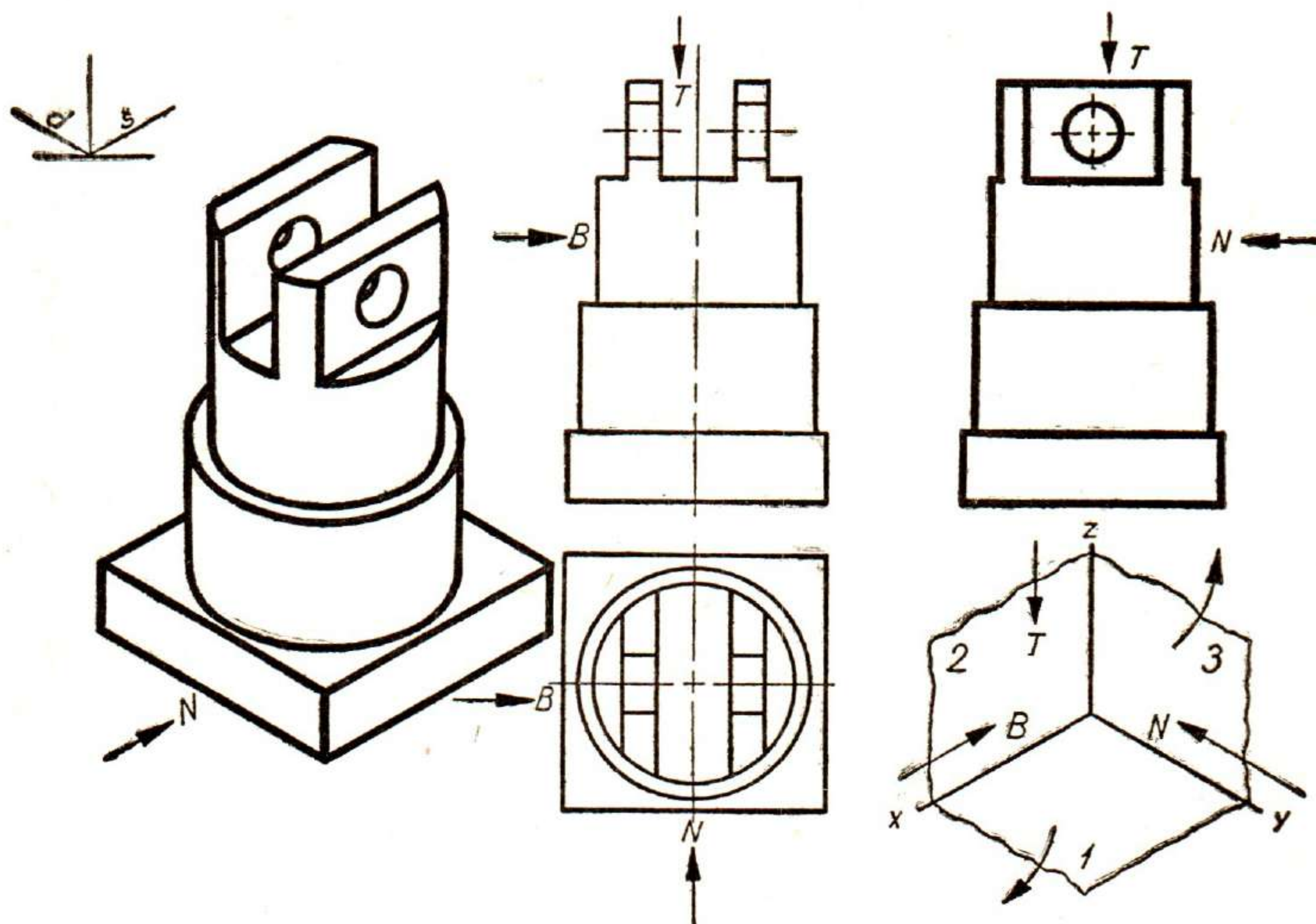
Za podudaranje i za izvođenje dopunske projekcije treba gledati uvijek u smjeru projekcije koja se kontrolira ili izvodi. Naznačene strelice za taj smjer gledanja obilježene su kraticom projekcije. To izlazi iz osnovnog smjera projiciranja i razvijanja ravnina prostornog ugla (sl. 79. dolje desno), jer se smjer promatranja za pojedinu projekciju, koja se javlja kod svih ostalih nacrtanih projekcija, podudara sa smjerom projiciranja predmeta za tu istu projekciju.

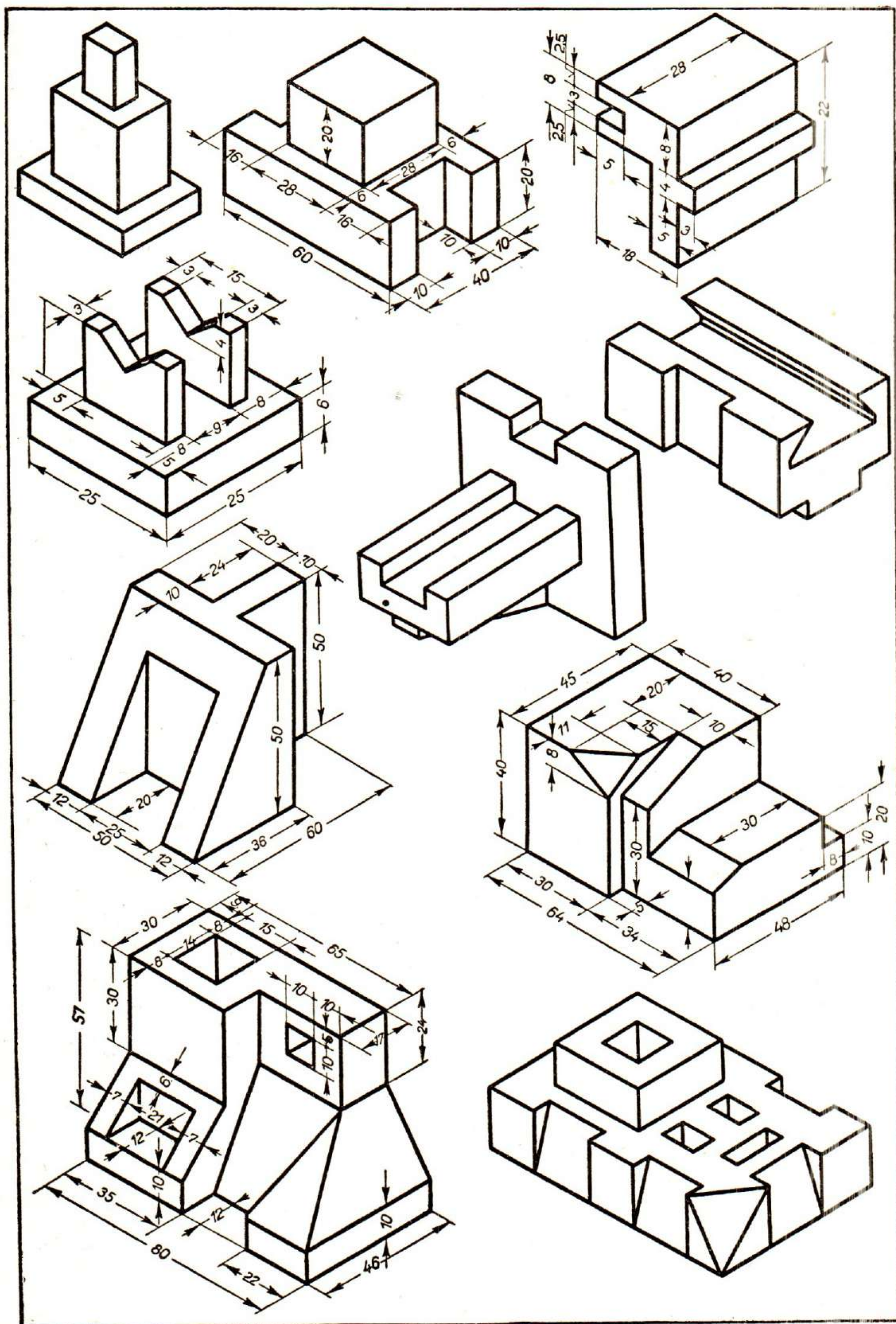
Na sl. 80. je za vježbu dan prostorni crtež i nepotpune projekcije u koje treba ucrtati bridove koji nedostaju. Nevidljive bridove crtkajte.

Zadatak sl. 80.: Na temelju prostorne predodžbe, podudaranja i potpune nacrtne projekcije dopunite vidljive i nevidljive bridove u ostalim projekcijama.

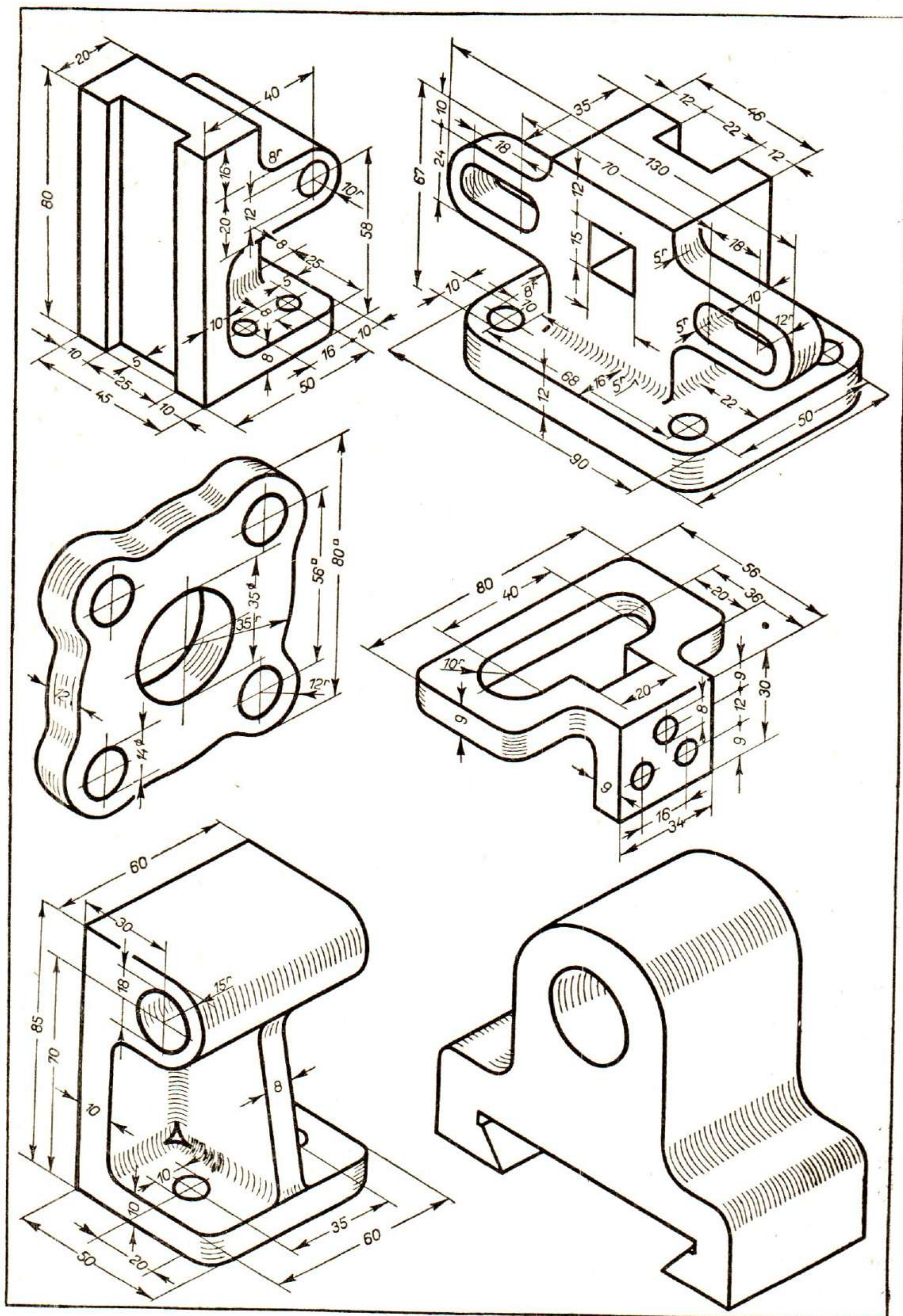
Sl. 81. predstavlja primjer nepotpune projekcije koje nedostaju da se stvori zorna predodžba o predmetu, jer jednake projekcije mogu imati različita tijela.

78. Izvođenje projekcija iz prostorne predodžbe i dopunjavanje projekcija na temelju podudaranja

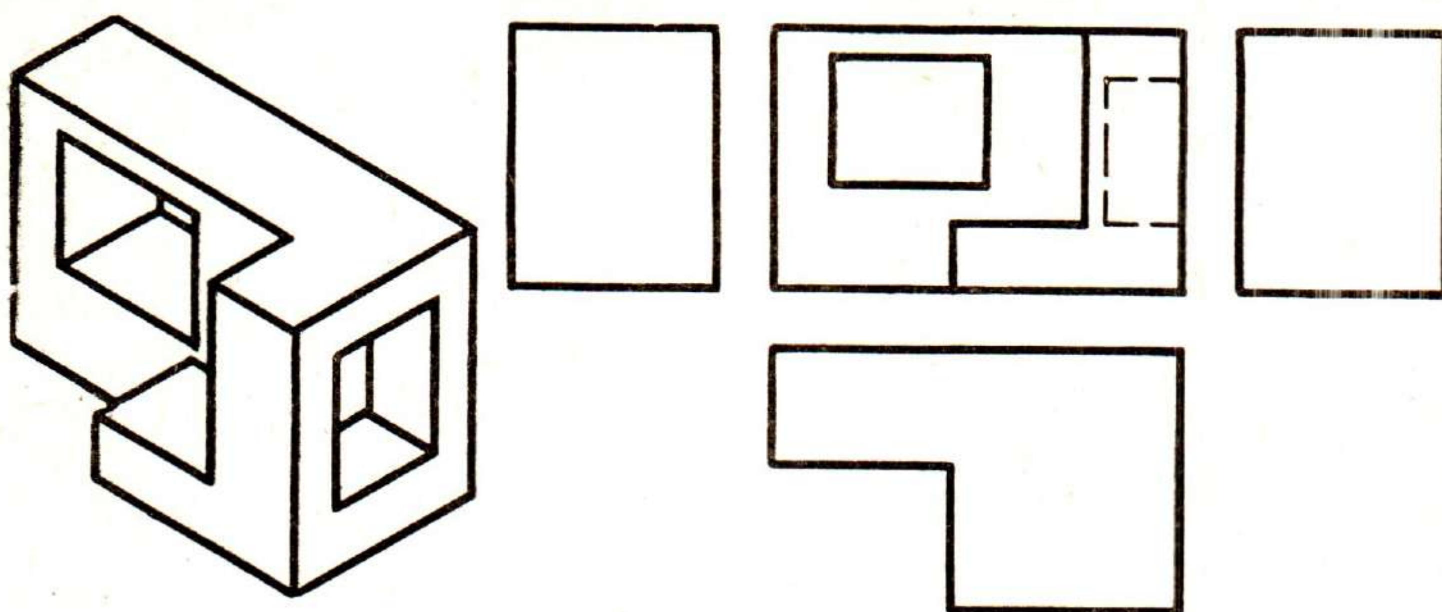




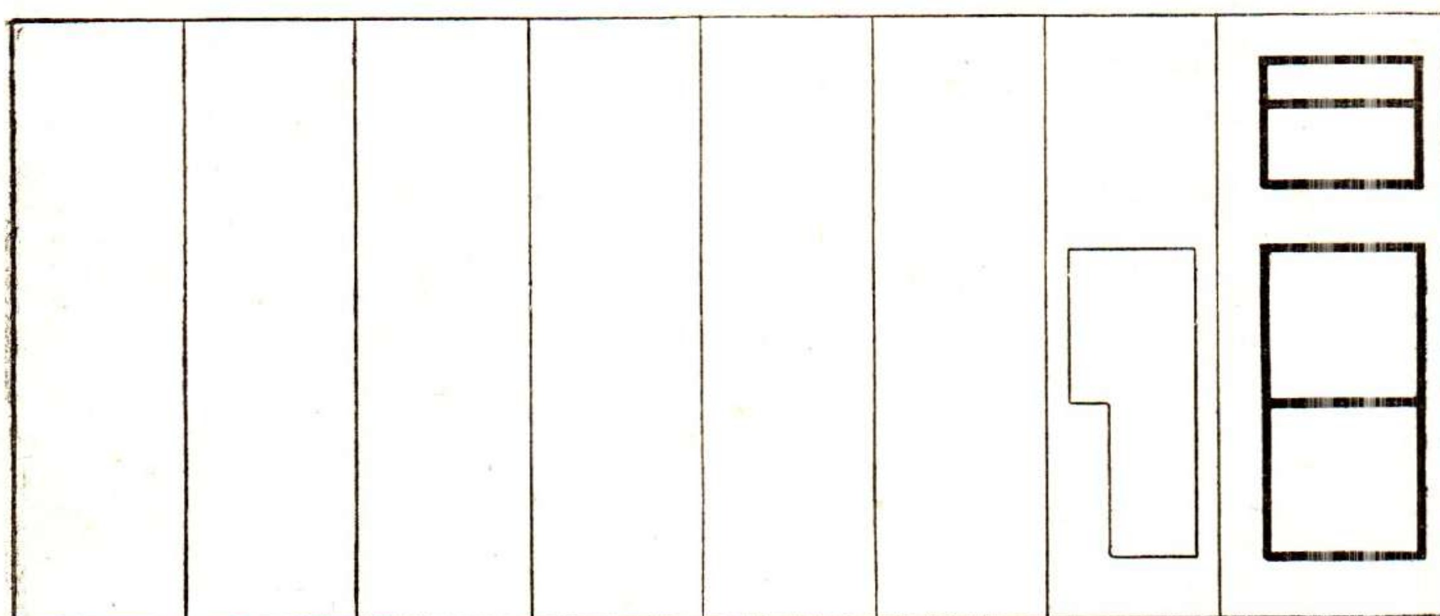
79. Različiti predmeti u izometričkoj predodžbi za izvođenje pravokutne projekcije



79a. Različiti predmeti u izometričkoj predodžbi za izvođenje pravokutne projekcije



80. Dopunjavanje projekcija



81. Nepotpune projekcije za oblik predmeta

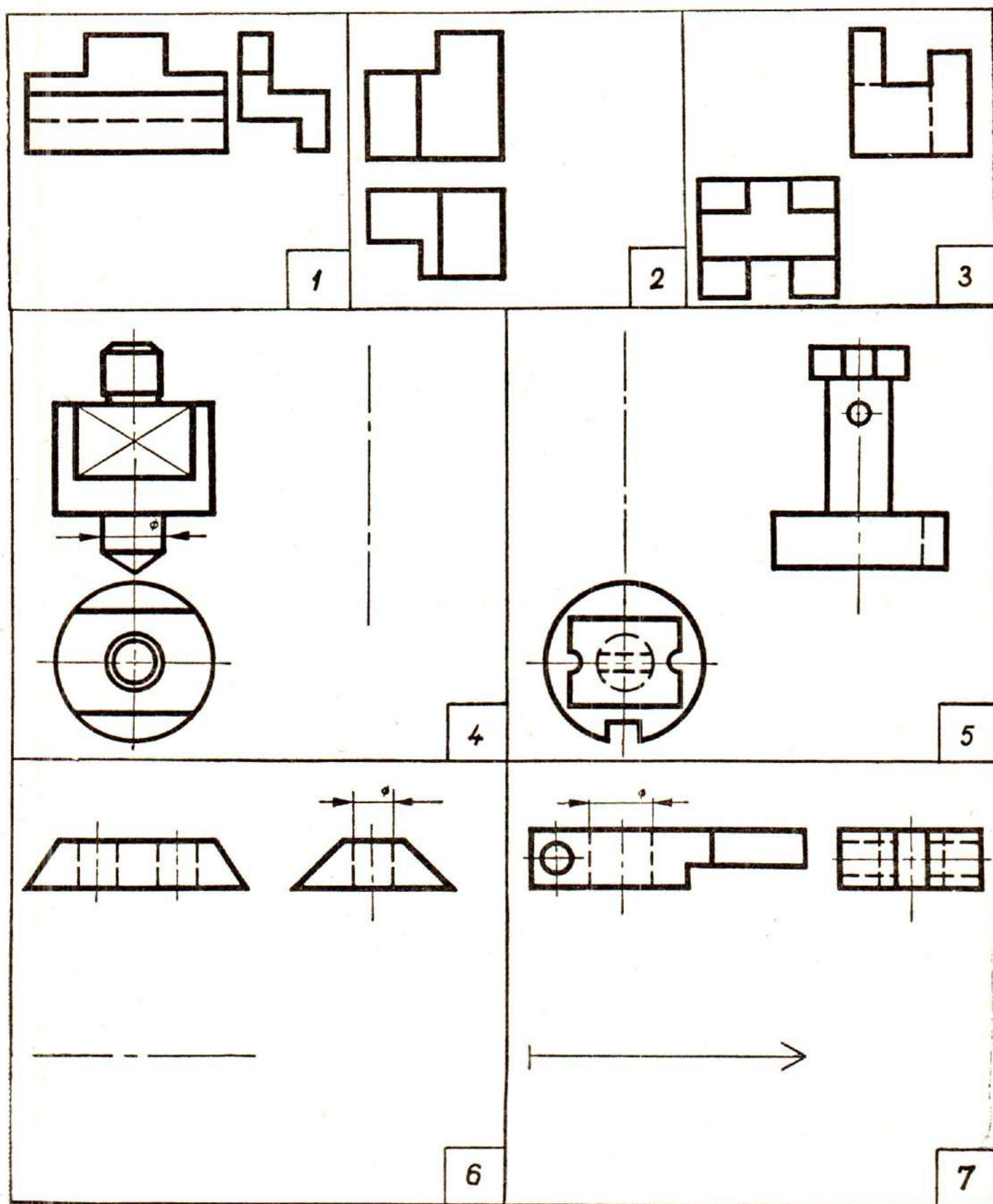
Zadatak sl. 81.: danim nacrtom i tlocrtom nije određen oblik predmeta jer mnoga tijela mogu imati takve projekcije. Nacrtajte više bokocrta u označenim pravokutnicima poput prvog uzorka kojima odgovaraju dani N i T.

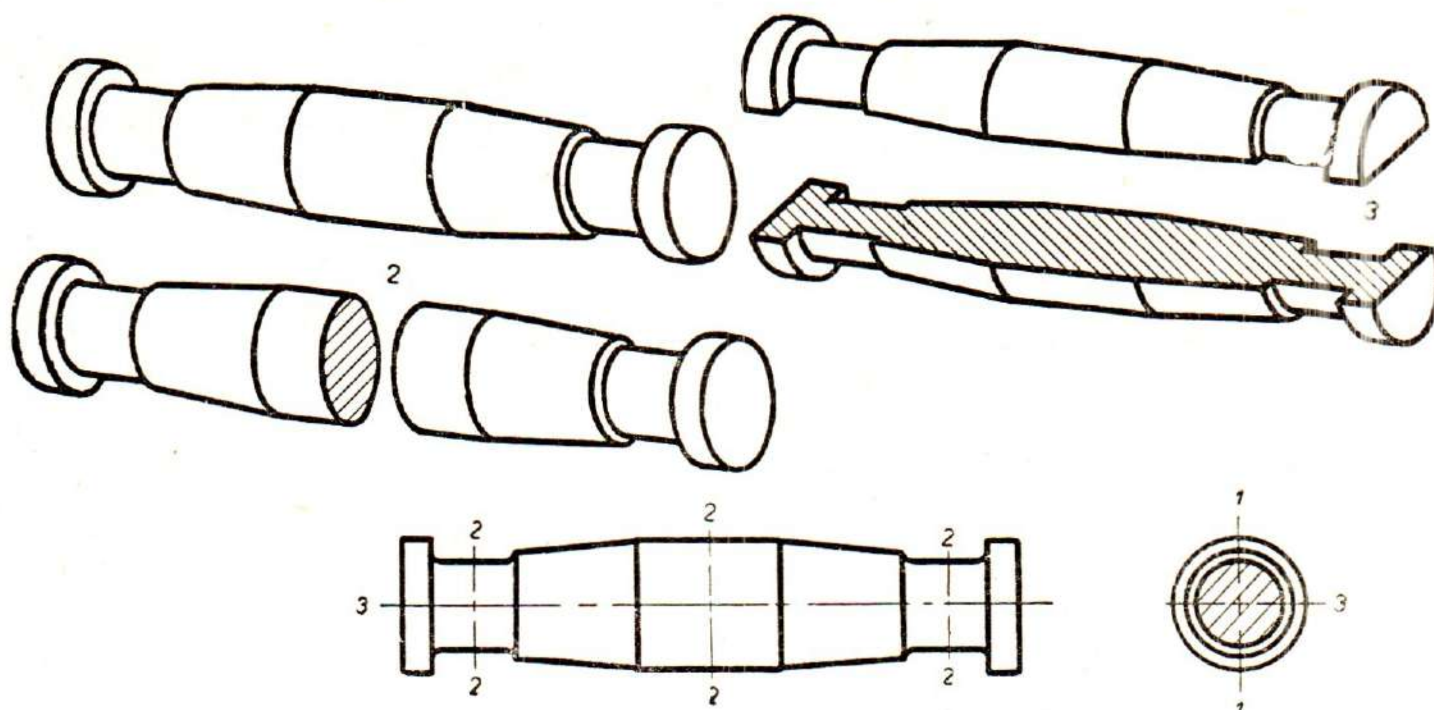
Zadatak sl. 82.: iz dviju zadanih projekcija predmeta nacrtajte na temelju podudaranja treću projekciju. Zadatak sličan sl. 79., samo ovdje bez prostorne predodžbe. Zadajte i vi nekoliko ovakvih primjera, pa neka ih drugovi rješavaju i analiziraju. Slične zadatke sadrži list 11.

U pravokutnoj projekciji crta se središnjica tankim isprekidanim crtama za svaki simetričan predmet. Predmet je simetričan ako se ravninom, okomitom na jednu od dimenzija predmeta, može razdijeliti na dva jednaka dijela. Kako svako tijelo ima tri dimenzije, mogu se postaviti tri

ravnine simetrije: okomito na duljinu, širinu i visinu, koje dijele predmet na dva simetrična dijela. Prema tome, predmet može biti najviše trostruko simetričan kao osovina (sl. 83.). Po duljini možemo je razdijeliti ravninom 2 na jednaku lijevu i desnu polovicu, po visini ravninom 3 na jednaku gornju i donju polovicu i po širini ravninom 1 (nije nacrtano) na

82. Dopunske projekcije





83. Trostruko simetričan predmet

jednaku prednju i stražnju polovicu. Pri crtanju u ortogonalnoj projekciji valja nacrtati te središnjice okomito na pojedine dimenzije tijela. U bokocrtu vidi se širina, i okomito na nju je ravnina simetrije 1-1, a vidi se i visina, a okomito na nju je ravnina simetrije 3-3. U nacrtu se također vidi visina, pa treba i tamo nacrtati ravninu simetrije 3-3 koja se mora podudarati s ravninom u bokocrtu. Po duljini u N treba okomito na duljinu nacrtati ravninu simetrije 2-2.

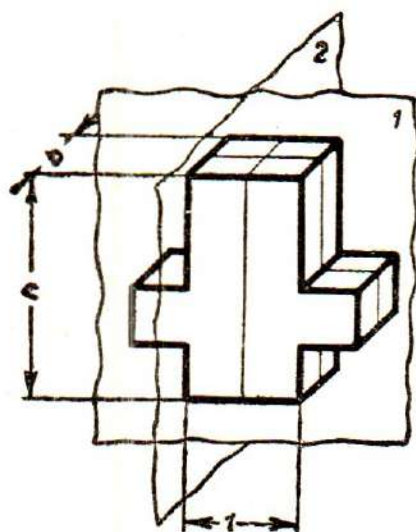
No središnjica se crta ne samo za cijeli predmet nego i za pojedine simetrične dijelove predmeta. Tako su kod osovine oba valjka u nacrtu, oko kojih dolazi ležaj, također simetrični, pa treba i kod njih nacrtati ravninu simetrije 2-2 okomito na duljinu, dok se u ostalim projekcijama središnjice valjka podudaraju sa središnjicama cijelog predmeta.

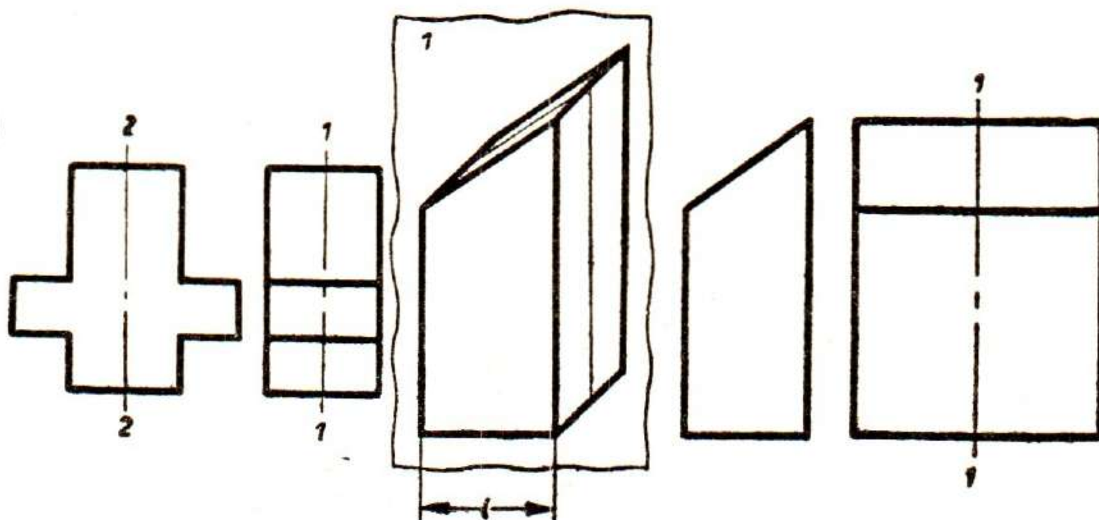
Predmet po sl. 84. može se podijeliti na simetrične dijelove ravninom 2 okomitom na duljinu i ravninom 1 okomitom na širinu, dok po visini nije simetričan. U pravokutnoj projekciji treba nacrtati ravninu simetrije 2-2 okomito na duljinu, a to je u nacrtu, i ravninu 1-1 okomito na širinu u bokocrtu. Predmet je samo dvostruko simetričan.

Na sl. 85. imamo samo jednostruko simetričan predmet jer se može podijeliti na dvije jednake polovice samo ravninom 1 okomito na širinu, pa će bokocrt imati simetralu 1-1.

Tijela: valjak, kocka i prizma veoma se često javljaju, pa je kod njih uobičajeno da se ne crta središnjica po visini iako su ta tijela i po visini simetrična. Pravokutne projekcije tih učestalih tijela crtaju se po sl. 86. samo sa središnjicama po duljini i širini.

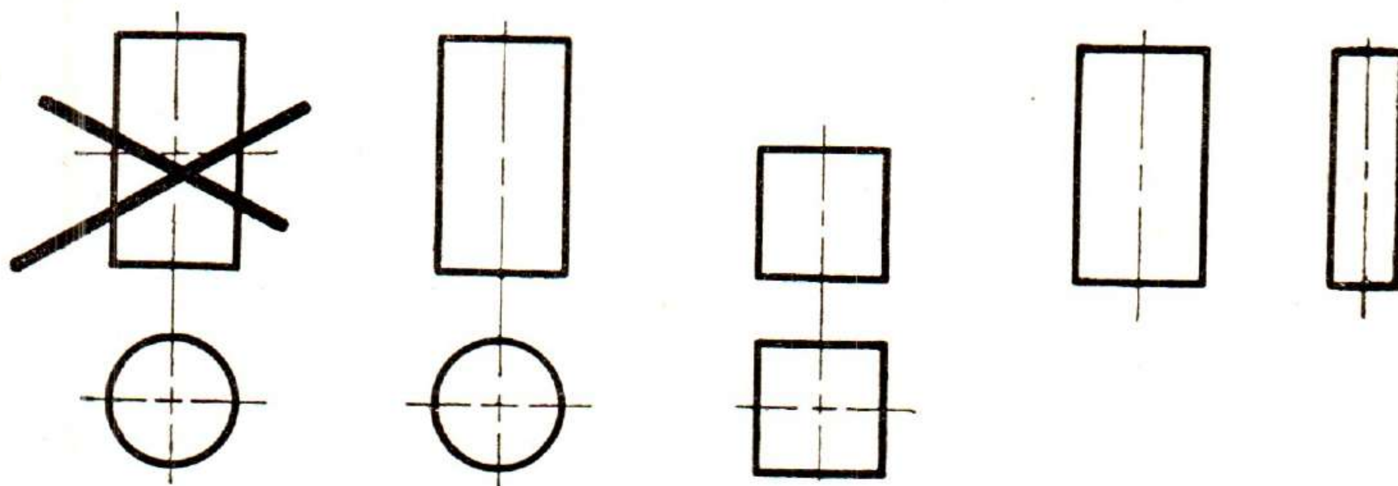
Središnjice simetričnih dijelova predmeta kao provrta, rebara i sl. crtaju se prema obliku predmeta tanko s isprekidanom crtom: crta-točka--crta. Crta je oko 15 puta dulja od širine vidljivog brida, a točka i razmaci oko 2 puta kao širina vidljivog brida. Središnjica uvijek prelazi





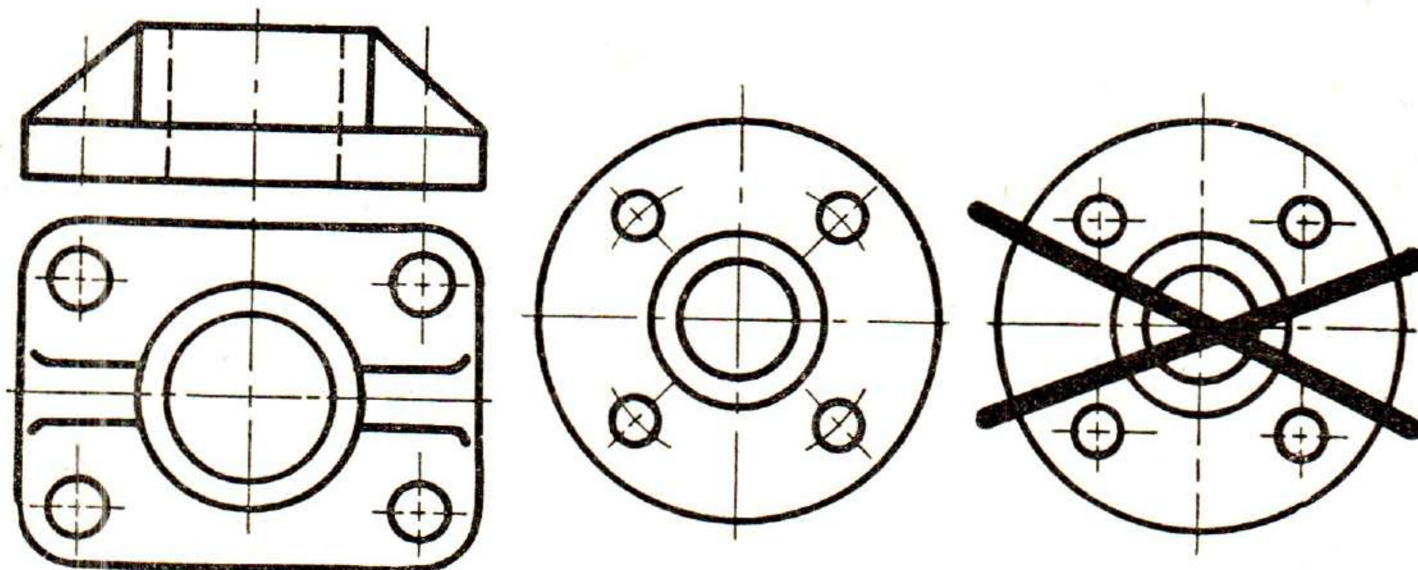
84. Dvostruko simetričan predmet

85. Jednostruko simetričan predmet



86. Kod tijela koja se često javljaju ne crta se središnjica po visini

87. Pravilno crtanje središnjice prema obliku predmeta i duljini simetričnog dijela



simetrični dio otprilike za 3—5 mm, a kod kratkih simetričnih dijelova ne prekida se, nego je puna. Primjer takvih središnjica kao i smještaja prema obliku predmeta nacrtan je na sl. 87.

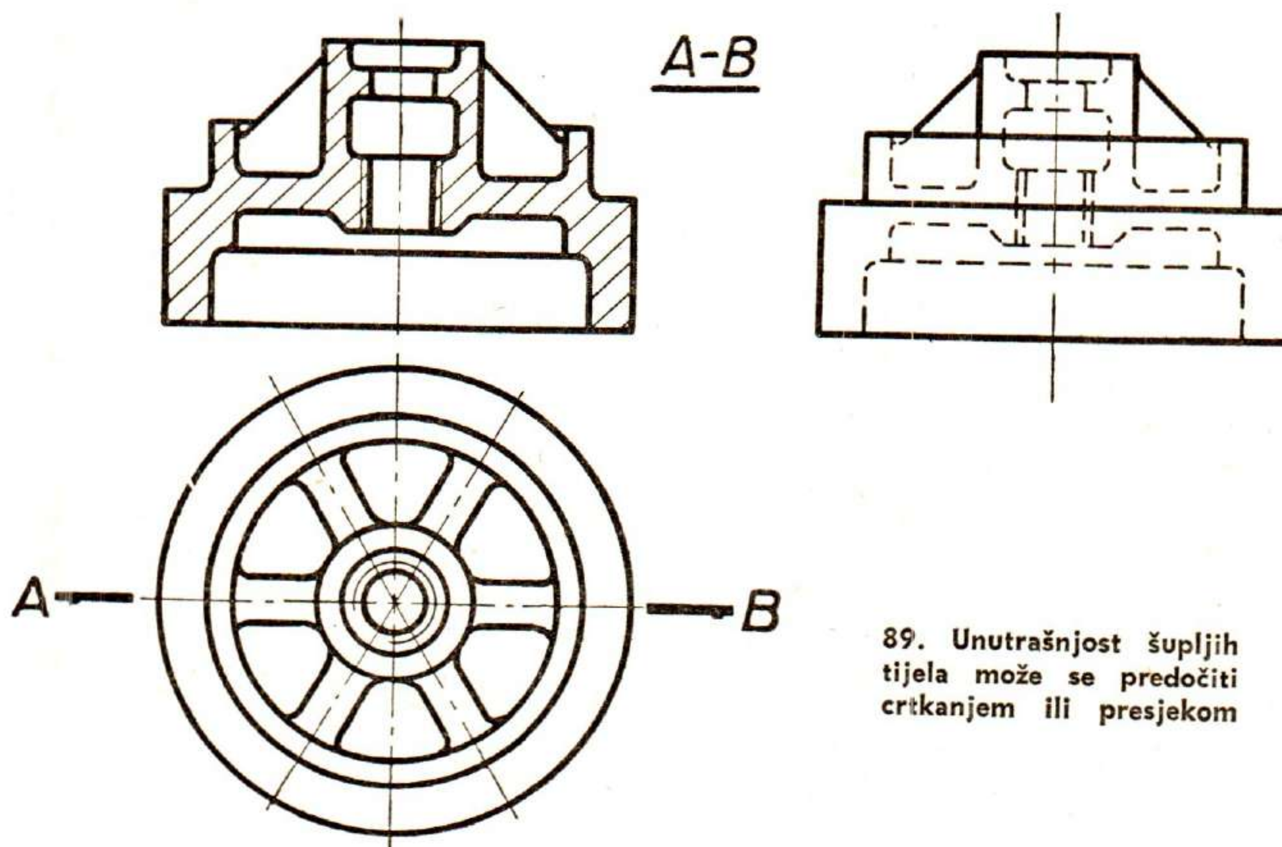
Pitanja: **1.** Navedite osnovna pravila pravokutne projekcije. — **2.** Kako dobivamo pravokutnu projekciju? — **3.** Što se vidi u pojedinoj pravokutnoj projekciji? — **4.** Kakvi su odnosi pravokutne projekcije prema predmetu u prostoru — ? **5.** U kakav položaj se stavlja predmet za crtanje? — **6.** Zašto se izbjegavaju kosi položaji ploha prema ravninama crtanja? — **7.** Što se smatra pod dužinom visinom i širinom predmeta? — **8.** Kako se mora gledati na predmet da se utvrde njegove dimenzije? — **9.** Kako se razvijaju ravnine prostornog ugla? — **10.** Koliko dimenzija se vidi u jednoj pravokutnoj projekciji? — **11.** U koliko se projekcija crta neko tijelo? — **12.** Što se vidi iz projekcije? — **13.** Kada je jedna od više nacrtanih projekcija suvišna? — **14.** Koje se ravnine crtanja zovu glavne? — **15.** Koji je najveći broj projekcija u kojima se može crtati predmet? — **16.** U pravokutnoj projekciji ne crtaju se presječnice ravnina x, y, z, pa što ih zamjenjuje? — **17.** Kako se zovu glavne projekcije i kako se gleda predmet za svaku od njih? — **18.** Koje su kratice uobičajene za svaku glavnu projekciju? — **19.** Što je stranocrt? — **20.** Koje dimenzije se vide u N, T, B, T_1, B_1, N_1? — **21.** U kojim se sve projekcijama vidi duljina, širina, visina? — **22.** Koja projekcija ne smije nikada nedostajati? — **23.** Rastumačite pojam »podudaranje projekcije«. — **24.** Nacrtajte neko geometrijsko tijelo u pravokutnoj projekciji i na njemu pokažite dimenzije predmeta. — **25.** Kolikostruko može biti tijelo simetrično? — **26.** Kako se određuje simetričnost tijela? — **27.** Kako treba gledati na postojeće projekcije da se izvrši kontrola jedne projekcije, ili da se ona izvede? — **28.** Kako se crtaju središnjice u zavisnosti od oblika predmeta?

POJAM PRESJEKA

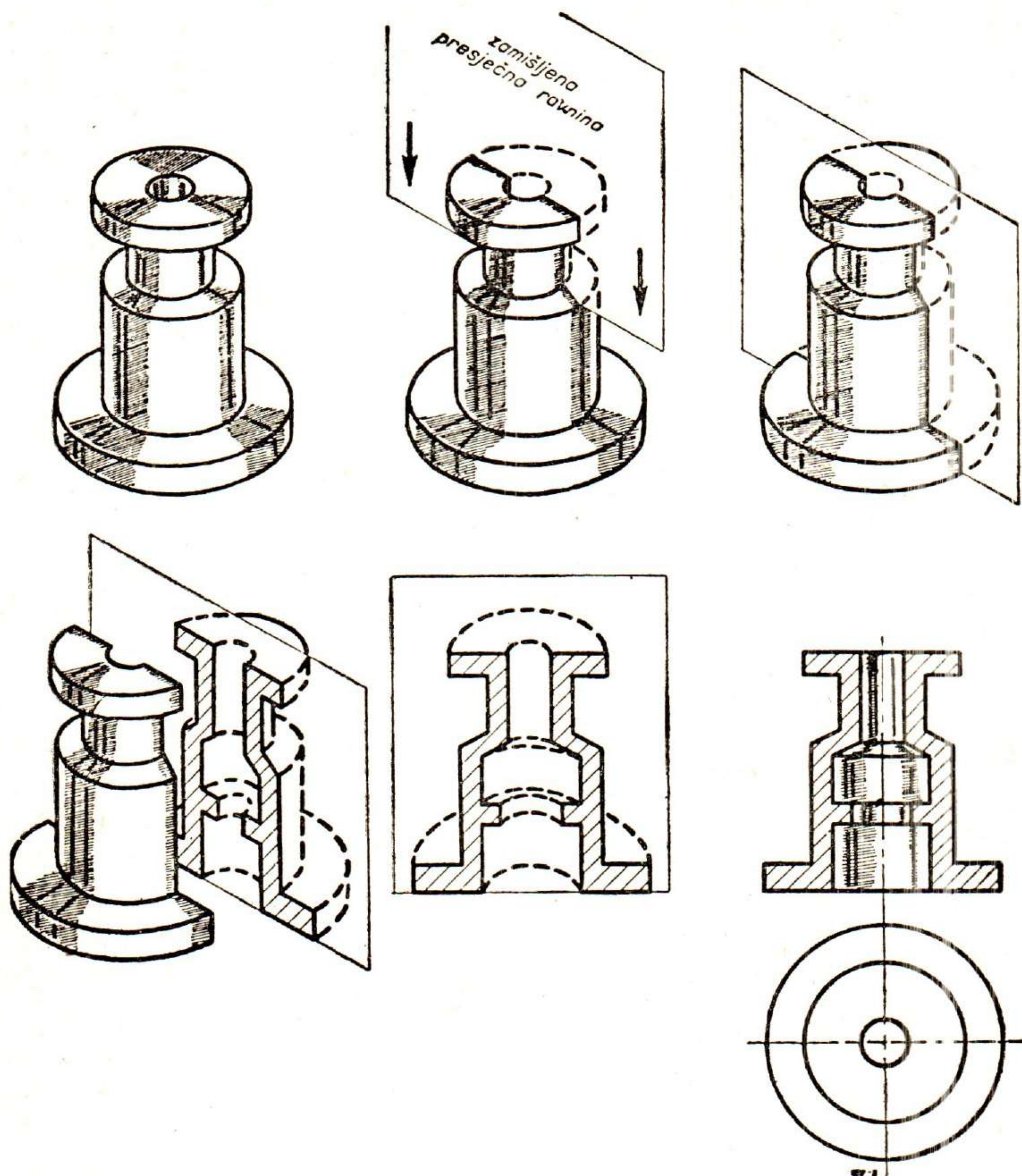
Da se oblikuje predmet predočen na sl. 88. (1), treba, imati sirovinu (2) iz koje će se izrezati. Obrada takvih ploha je u stvari rezanje materijala, samo se taj ne može odrezati najednom, nego postupno, sloj po sloj. To možemo prikazati kruhom i nožem. Najprije će se izrezati donja osnovica predmeta okomito na visinu (3), i na toj dosjednoj plohi predmet stoji pri daljoj obradi. Ta je osnovna ploha, baza za daljnji rad. Zatim se reže prednja i stražnja ploha okomito na širinu, a usporedno s duljinom predmeta i lijeva i desna bočna strana okomito na duljinu predmeta (4). Prva dva reza idu uzduž predmeta pa se zovu uzdužni, a druga dva su okomita na duljinu i zovu se poprečni. U daljoj fazi rada odrezat će se gornji dio usporedno s osnovnom ravninom, a taj rez je opet okomit na visinu i u smjeru dužine, dakle uzdužni (5). Dobije se pravilna prizma. Dalje treba poprečnim i uzdužnim rezom odstraniti manju prizmu da se dobije željeni osnovni oblik (6). Za nacrtani provrt rez nije ravan, nego rotacijski, i taj se ne može izvesti predočenim nožem. Zato vrtanje provrta smatramo doradom na osnovni oblik predmeta. Na sl. 88 (7) dana je pravokutna projekcija tog predmeta, a da se vidi oblik provrta, morao se taj crtkati u nacrtu.

(1)
(2)
(3)
(4)
(5)
(6)
(7)

88. Oblikovanje predmeta rezanjem iz sirovine



89. Unutrašnjost šupljih tijela može se predočiti crtkanjem ili presjekom



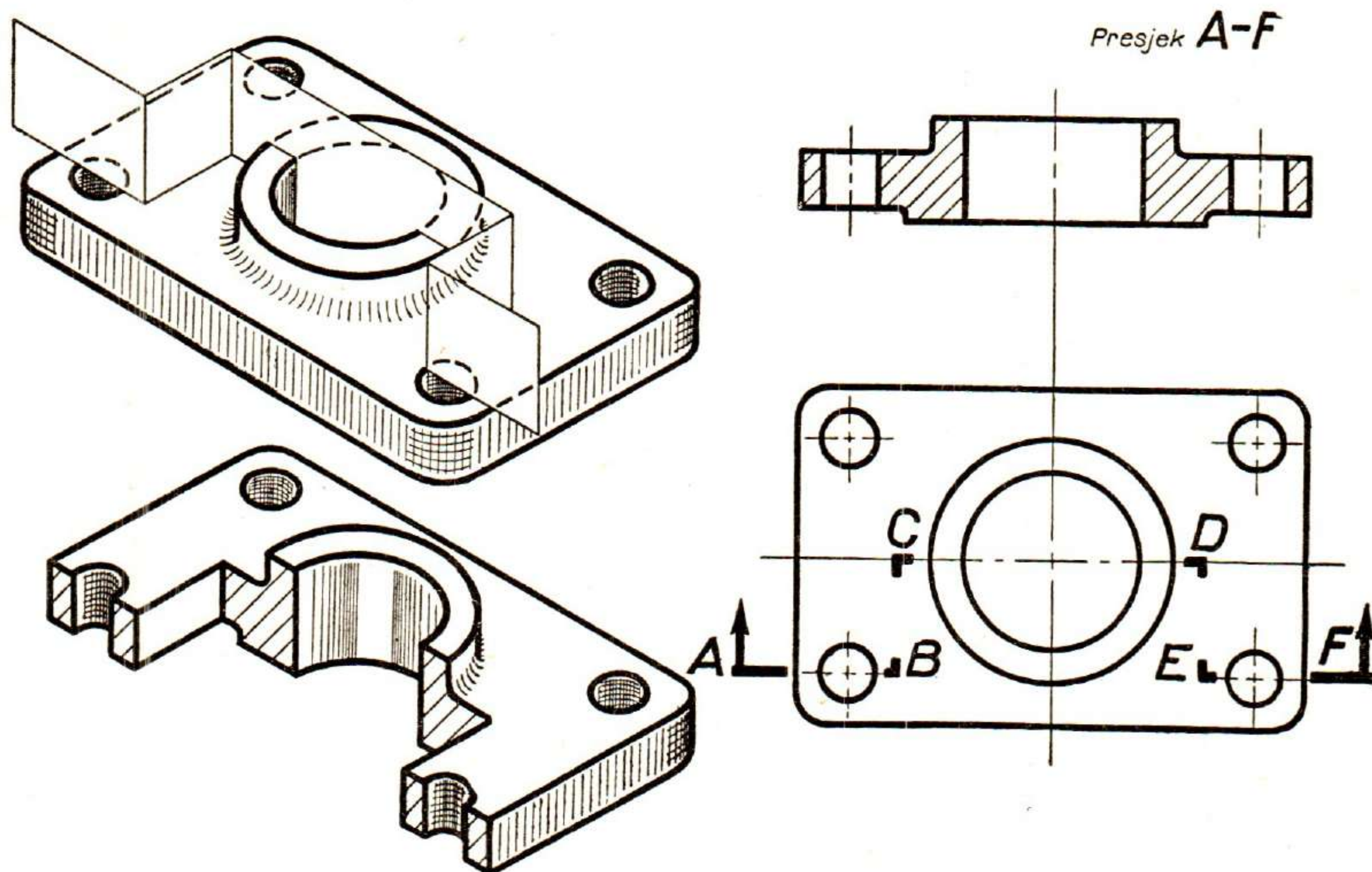
90. Postupak zamišljenog sječenja

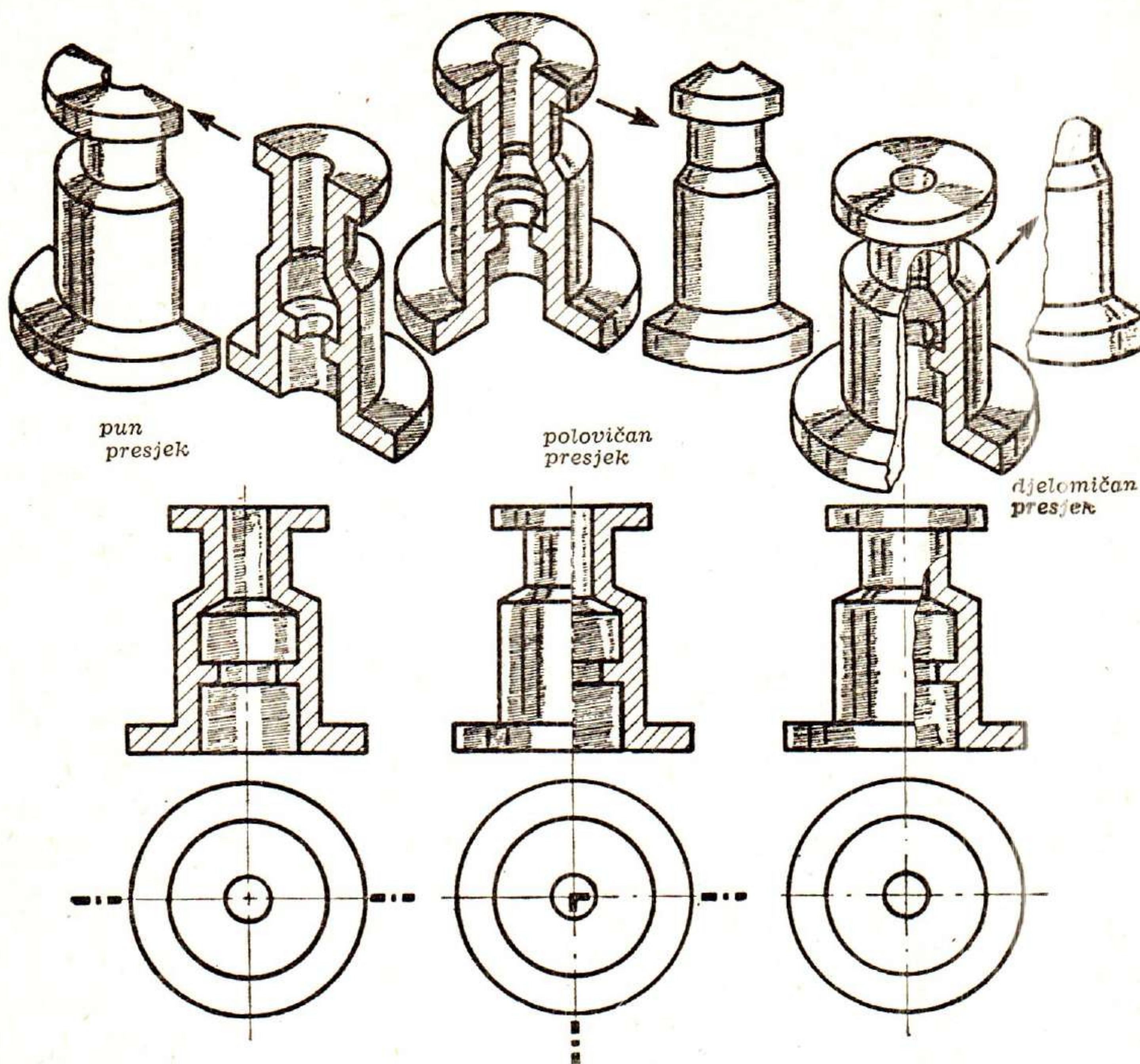
Često su unutarnji oblici šupljih predmeta mnogo složeniji i crtkanje nevidljivih bridova ne daje jasnu i zornu sliku predmeta (sl. 89.). Oblik šupljine bio bi mnogo jasniji kad bismo predmet presjekli, odbacili prednji dio i projicirali pogled na unutrašnjost, sada vidljivim širokim bridovima. Morali bismo sjeći okomito na širinu ravninom A—B.

To se u tehničkom crtanju redovito čini kod imalo složenijih šupljih tijela i zgrada, ali se u stvari ne sijeku jer bi se uništili, nego se to sječenje zamišlja prema sl. 90., a slično sječenju za oblikovanje predmeta (sl. 88.). Prednji dio koji smeta pogledu u unutrašnjost zamišljamo da se odbaci, a onda se crta presječeni dio u smjeru projiciranja. Za drugu projekciju u drugom smjeru projiciranja crta se cijeli, nepresječeni predmet, kakav on zaista i jeste.

Te zamišljene presječne ravnine vodimo preko onih dijelova predmeta koje želimo prikazati u presjeku, a to je obično preko središnjica. Prema tome, presječna ravnina može biti jedna koja siječe predmet na dva dijela po cijeloj dužini, (ili drugoj dimenziji) ili više usporednih ravnina kao na sl. 91., a možemo presječnu ravninu različito lomiti i voditi preko različitih otvora i provrta koje želimo prikazati u presjeku. Uvijek zamišljamo da odbacujemo prednji dio, a ostatak crtamo kako vidimo u smjeru projiciranja.

91. Zamišljeno sječenje usporednim ravninama preko dijelova koje želimo vidjeti u presjeku





92. Vrste presjeka

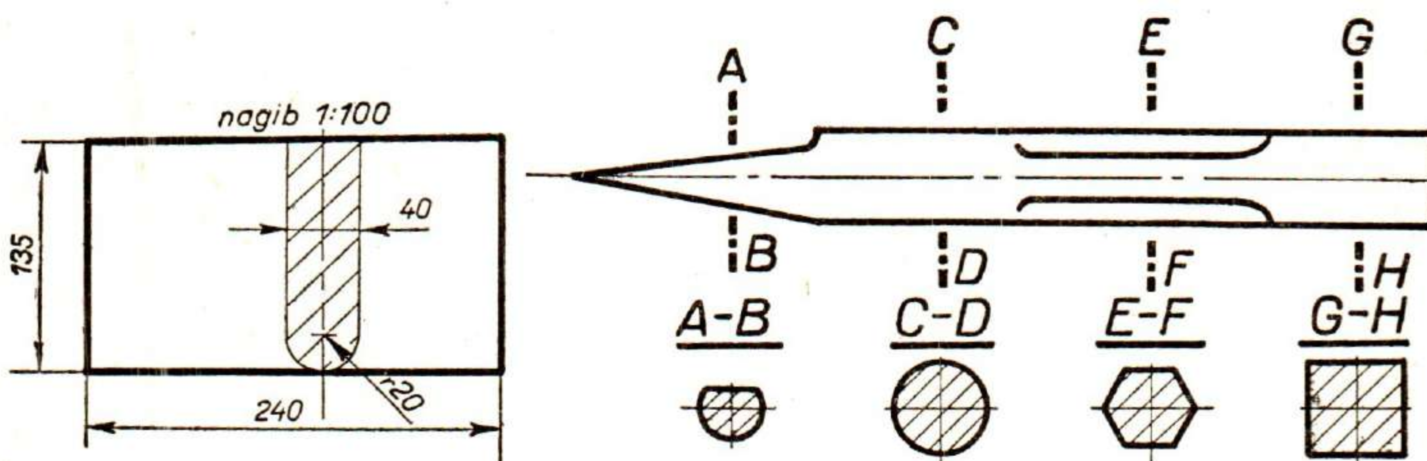
Prema primijenjenim presječnim ravninama može presjek biti uzdužan i poprečan, a zatim pun ako se cijela projekcija vidi u presjeku (sl. 92.), polovičan ako se sjekla četvrtina predmeta s dvije okomite ravnine, pa se pola projekcije vidi u presjeku, a pola u pogledu (otuda ime polovičan presjek), i konačno djelomičan ako se sjekao manji dio predmeta da se razjasni unutrašnjost jednog dijela. Na sl. 92. prikazano je zamišljeno sječenje i odmicanje odsječenog dijela prostorno i ispod toga pripadna ortogonalna projekcija. Još imamo zaokrenuti presjek (sl. 93.). To je poprečni presjek koji pokazuje samo obris predmeta u presječnoj ravnini. Treba zamisliti da smo isjekli neizmjerno tanku pločicu pa je

onda zakrenuli oko središnjice za 90° da se vidi u svojoj širini. Takav zaokrenuti presjek može se ucrtati u postojeću projekciju, ali se onda crta tankim crtama da oblik predmeta crtan širokim crtama ostane istaknut (sl. 94.), ili se crta posebno u neposrednoj blizini projekcije, ali onda normalno širokim crtama kao i drugi vidljivi bridovi (sl. 95.).

Kod zamišljenog sječenja trebalo bi materijal piliti, pa taj piljeni materijal označuje se u presjeku šrafiranjem. Šrafira se punim tankim crtama da oblik predmeta crtan debelo ostane istaknut. Nagib crta šra-

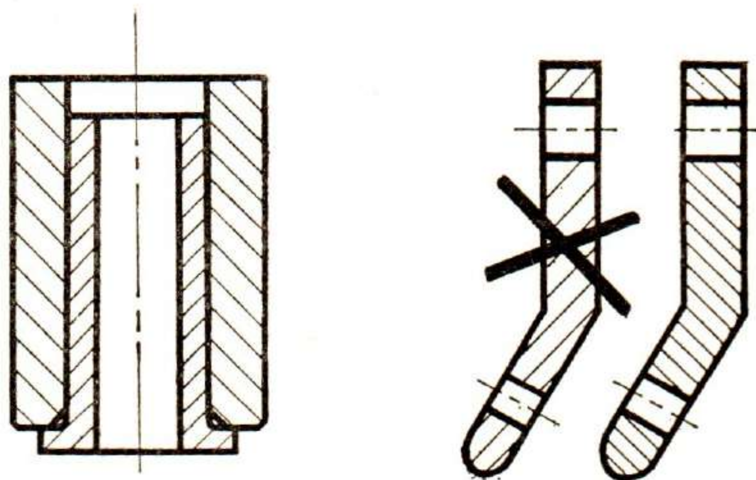


93. Zaokrenuti presjek se zamišlja kao da je izrezana uska pločica i zaokrenuta u ravninu crtanja

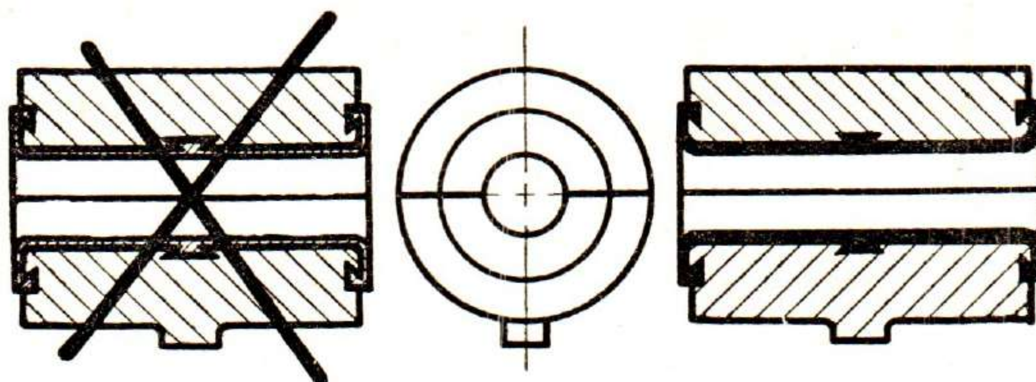


94. Zaokrenuti presjek crta se punom tankom crtom ako se smješta u projekciju

95. Zaokrenuti presjek crtan posebnom slikom crta se normalnim debljinama

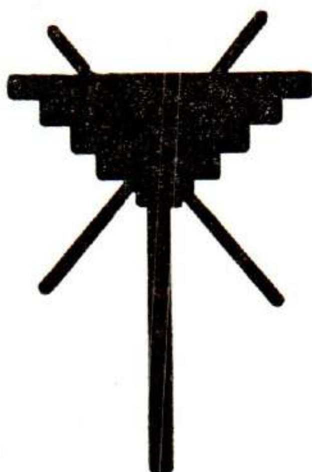


96. Nagib crta šrafure je 45°, a o lijevom ili desnom nagibu odlučuje oblik predmeta. Crte moraju biti što kraće i ne suviše guste.

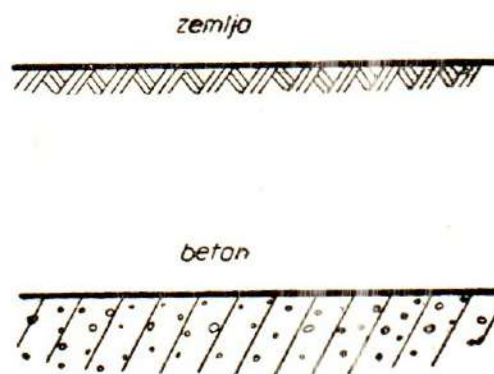


97. Šrafura uskih površina nije jasna, pa se takve površine pocrne





98. Kod sastavljenih uskih površina treba između dijelova ostaviti raspor

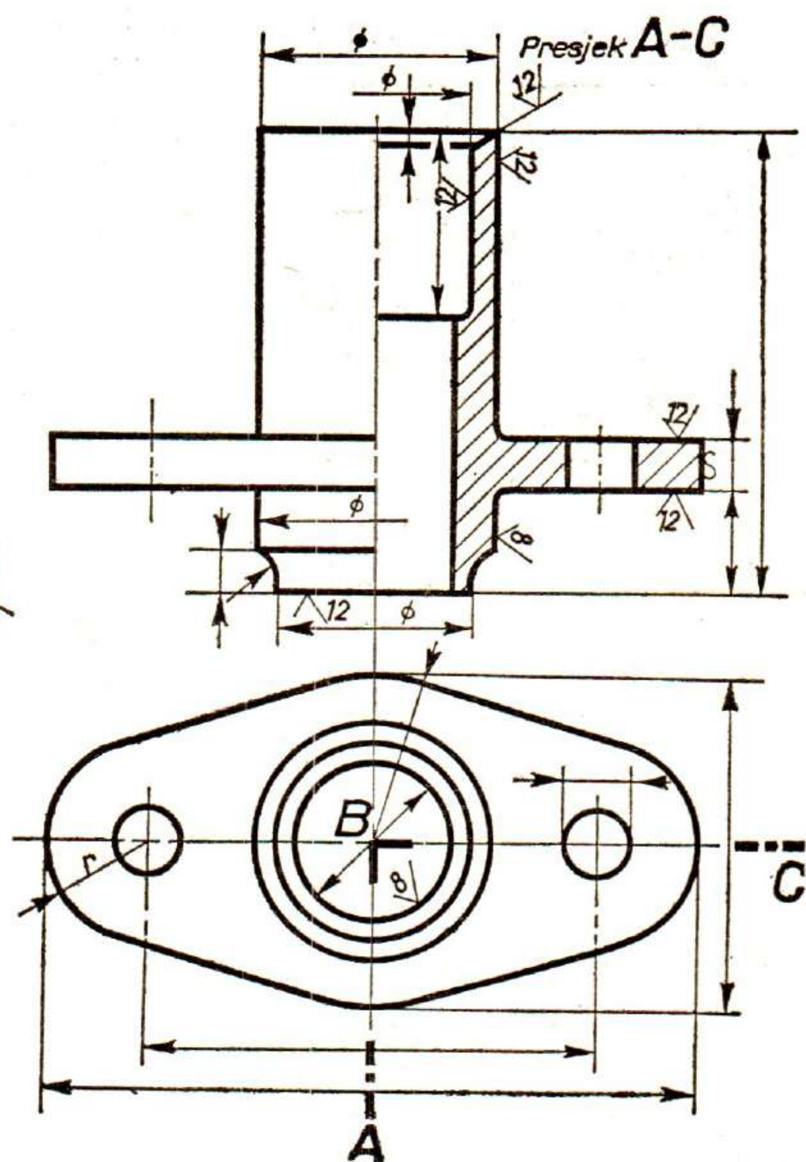


99. Zemlja i beton se šrafiraju posebnim načinom

fure je 45°, i to lijevi ili desni, a odlučuje duljina crta — moraju biti što kraće i da nisu usporedne s bridovima (sl. 96.). Isti predmet može se sjeći više puta, ali šrafura za jedan predmet mora imati isti nagib. Crte šrafure ne smiju biti preguste, ovisi o veličini plohe koja se šrafira: veća ploha ima rjeđe, a manja gušće crte (sl. 96.). Razmak crta šrafure kreće se obično od 1 do 4 mm. Crta li se sastavljeni predmet u presjeku, moraju susjedni dijelovi biti šrafirani obrnutim nagibom da se međusobno bolje razlikuju.

Kod tankih predmeta i zidova zgrada šrafura ne bi bila jasna. Zbog toga se takvi predmeti pocrne u presječnom dijelu (sl. 97.). Ako su sastavljeni od više dijelova, između sastavljenih dijelova ostavi se raspor (sl. 98.). Zemlja i beton označuje se posebnom šrafurom prema sl. 99., a svi ostali materijali jednako. Katkada se označuje drvo godovima i žilama.

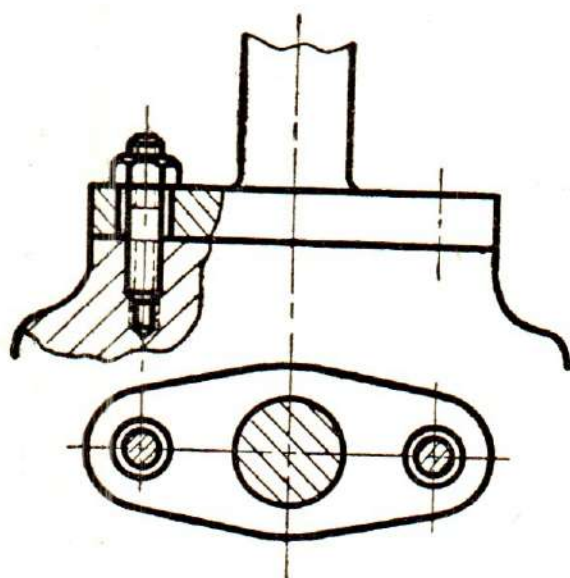
Najčešće se primjenjuje puni presjek preko cijelog predmeta s jednom ili više presječnih ravnina. Ako je predmet simetričan, a potreban je pogled na vanjski dio i unutrašnjost, crta se polovični presjek (sl. 100.). Isiječe se $^1/_4$ predmeta, pa se pola projekcije vidi u presjeku, a pola u pogledu. Granica između pogleda i presjeka nije vidljiv brid, jer taj ne postoji pošto se stvarno ne siječe, nego se samo zamišlja takav presjek.

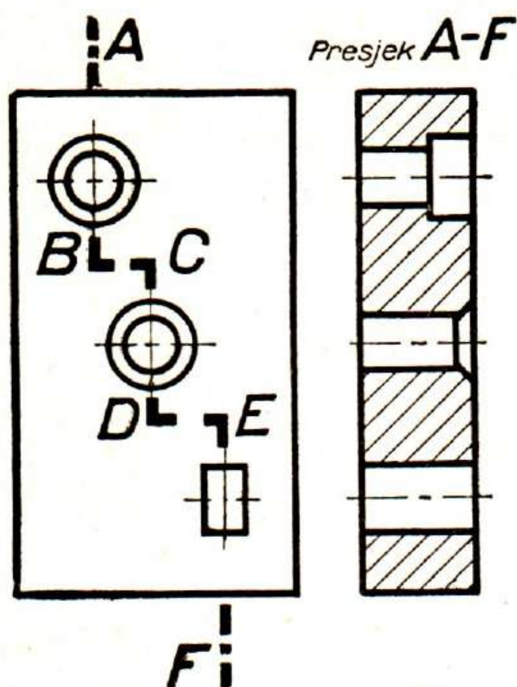


100. Polovični presjek simetričnih predmeta

101. Djelomični presjek prikazuje dio unutrašnjosti predmeta, a granica je crta loma ili prestanak šrafure

102. Zaokrenuti presjeci dobro razjašnjavaju oblik predmeta





103. Na crtežu treba označiti tok presječenih ravnina i staviti naslov projekcije

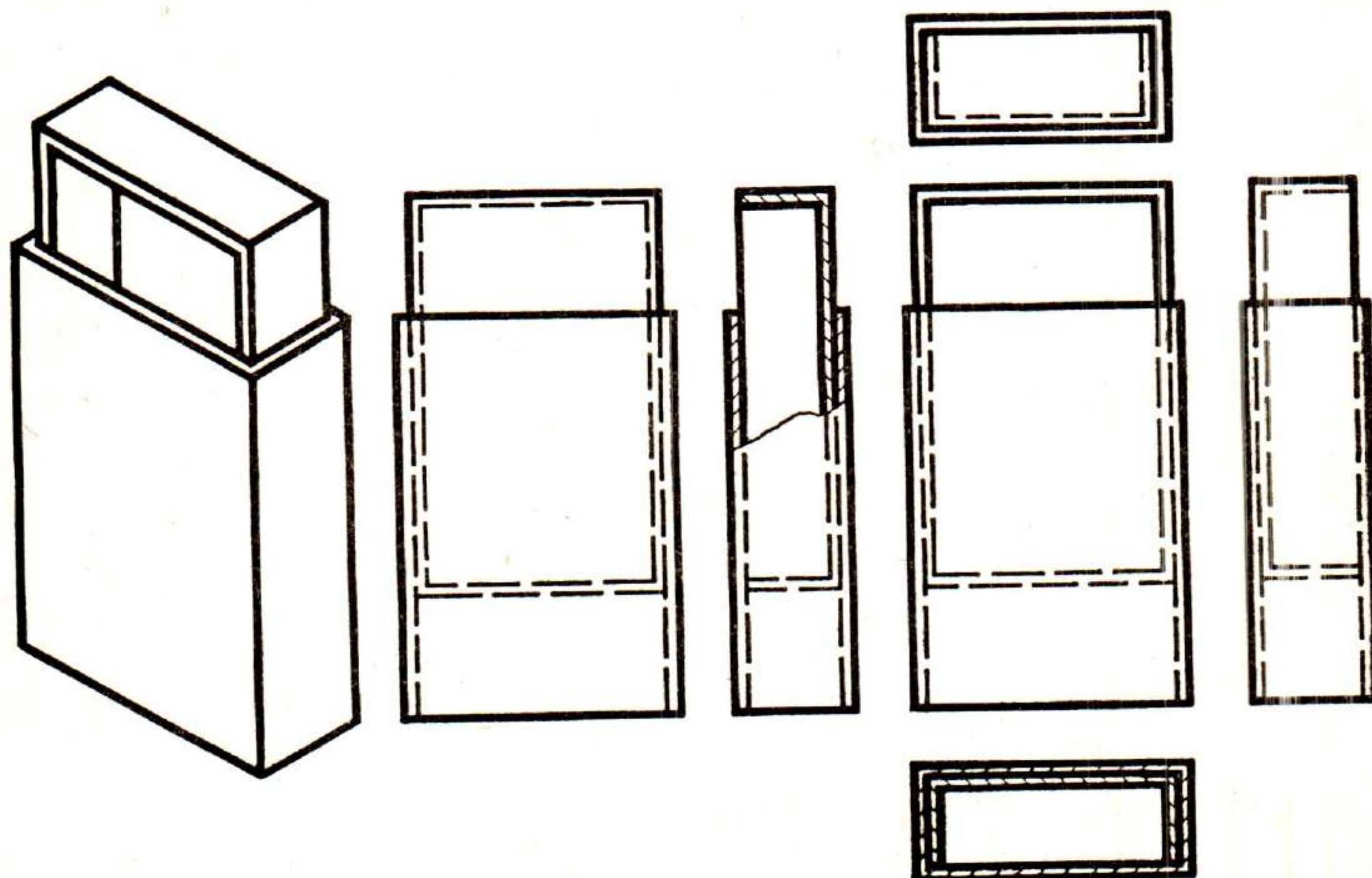
Nije običaj da se u pogledu crtkaju nevidljivi bridovi od unutrašnjosti, i u presjeku se ne označuju bridovi vanjskog dijela. Kod nas se u presjeku uopće ne crtkaju nevidljivi dijelovi ispod presječne ravnine pa u presjeku nema ništa crtkano, i crtež je jasniji.

Treba li rastumačiti unutrašnjost samo jednog dijela predmeta, pa i većeg dijela ako predmet nije simetričan, siječe se samo dio predmeta, a granica između pogleda i presjeka obično je crta loma (sl. 101.). Ta crta loma mora biti kosa da je netko ne zamijeni s bridom.

Zaokrenuti presjeci dobro razjašnjavaju oblik naročito onih predmeta koji postepeno mijenjaju svoj oblik, kao što su različiti otkovci, rebra i slično. Kod kuće (sl. 102.). oblik nije jasan s tanko crtanim bokocrtima, a zaokrenuti presjeci ga potpuno razjašnjavaju pa bokocrti nisu ni potrebni.

Spomenuto je da se presječeni dijelovi označuju šrafurom, ili ako su jako tanki pocrne se. Tok presječenih ravnina također se označuje, ali samo na krajevima izvan projekcije širokom crtom, i u koljenima ako se presječna ravnina lomi, debelim kratkim crticama (sl. 103.). Uz tu oznaku se krajevi i svaki lom obilježe velikim slovom redom po abecedi ili istim slovom, a iznad projekcije u presjeku stavi se poput

104. Zadatak za ponavljanje gradiva i primjenu presjeka

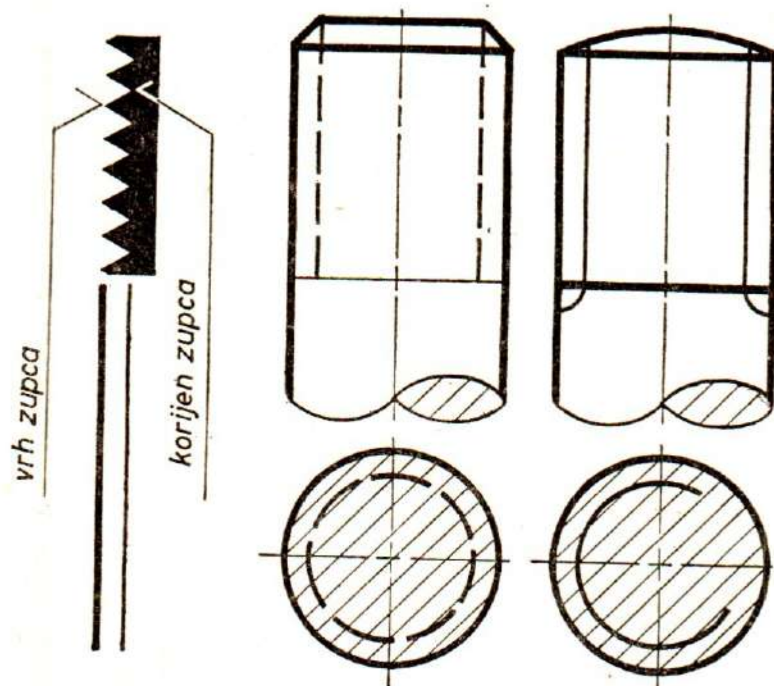


naslova samo skrajnjim slovima oznaka presjeka. Obilježavanje slovima redom po abecedi je bolje zbog toga jer u jednom crtežu može biti više presjeka.

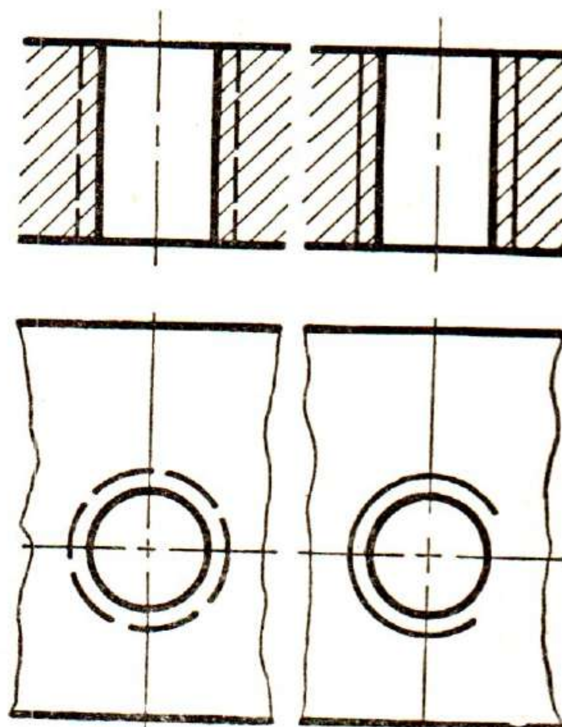
Na sl. 104. predočena je otvorena kutija šibica u nekoliko projekcija i presjeka. Za ponavljanje riješite taj zadatak i odgovorite na postavljena pitanja. Zadatak sl. 104.: napišite skraćeno slovom i brojem nazive projekcija, a prema navedenom slovu ili broju označite strelice za smjerove gledanja kod prostorne predodžbe za svaku nacrtanu projekciju. Kako se zovu nacrtani presjeci i kako se zamišlja njihov postanak? Objasnite podudaranje projekcija.

Na listu 12. i 13. dani su zadaci za dopunske projekcije kombinirani s presjecima. Na listu 12. nacrtane su dvije projekcije, a na temelju podudaranja treba izvesti treću. Na listu 13. predočeni su profili rezani kosim ravninama. Treba izvesti taj rez i šrafirati rezane plohe.

Pitanja: 1. Što je uzdužni, a što poprečni presjek? — **2.** Kako možemo prikazati unutrašnjost šupljih predmeta? — **3.** Kako se zamišlja sječenje predmeta? — **4.** Preko kojih dijelova predmeta se vode presječne ravnine? — **5.** Može li se jedan predmet sjeći s više ravnina? — **6.** Koje vrste presjeka poznajete? — **7.** Što je puni presjek? — **8.** Što je polovični presjek? — **9.** Što je djelomični presjek? — **10.** Što je zaokretni presjek? — **11.** Kako se ucrtava zaokrenuti presjek? — **12.** Kako se označuje materijal u presjeku? — **13.** Razmak, nagib i širina crta šrafure. — **14.** Šrafiranje susjednih ploha sastavnih crteža. — **15.** Označavanje presjeka kod uskih ploha. — **16.** Kada se može primijeniti polovični presjek? — **17.** Što može biti granica između pogleda i presjeka? — **18.** Kako se označavaju i obilježavaju presječne ravnine? — **19.** Što se piše iznad projekcije u presjeku? — **20.** Kada se crta presjek?



105. Korijen zupca navoja označuje se tankom crtom, a završetak navoja širokom punom crtom

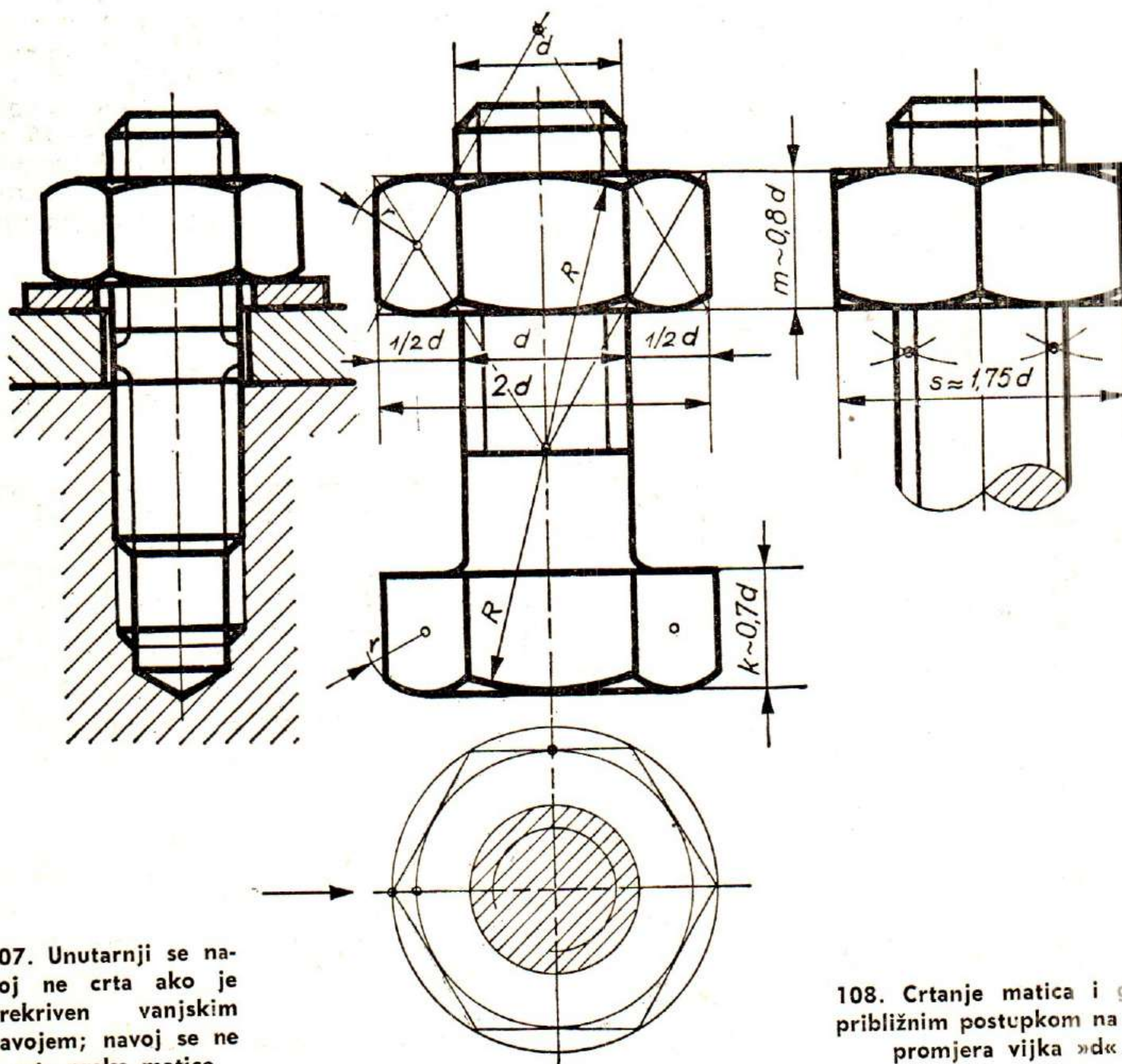


106. Kod navoja vuče se punom širokom crtom onaj dio koji je postojao prije rezanja navoja

CRTANJE NAVOJA, VIJAKA I MATICA

Navoj je veoma čest kod strojnih dijelova, pa se prikazuje pojednostavnjeno, i to svi navoji bez obzira na vrstu jednako. Pojedine vrste razlikuju se međusobno prema oznaci u koti.

Korijen zupca navoja prikazuje se po JUS-u tankim punim crtama, a po starom načinu tankim crtkanim crtama (sl. 105.); završetak navoja prikazuje se po JUS-u širokom punom crtom, a po starom načinu tankom punom crtom. U pogledu, okomito na središnjicu navoja, ti se korijeni zuba kod crtkane oznake crtaju zatvorenom kružnicom, a kod oznake punom crtom crta se samo oko $^3/_4$ kružnice. Konačni prijelaz od navoja na puni svornjak ili prijelaz navoja u uvrtu ne označuje se, iako se u stvarnosti izvodi s prijelazom, pa se svaki navoj zapravo crta shematski. Ako bi moglo doći do nesporazuma, crta se izuzetno izlaz navoja prema sl. 105.



107. Unutarnji se navoj ne crta ako je prekriven vanjskim navojem; navoj se ne crta preko matice

108. Crtanje matica i glava približnim postupkom na bazi promjera vijka »d«

Navoj može biti na svornjaku ili u šupljini predmeta. Prvi se naziva vanjski, a navoj u rupi unutarnji. Taj unutarnji navoj crta se jednako: korijen zupca punom tankom ili crtkanom crtom, samo što je kod unutarnjeg navoja unutarnja crta široka, a vanjska o većem promjeru tanka (sl. 106.). Općenito važi pravilo za vanjski i unutarnji navoj: punom širokom crtom crta se onaj dio u predmetu koji je postojao prije nego se narezao navoj. Najprije je morao postojati svornjak ili provrtana rupa, pa se onda sa posebnim alatom rezao navoj u materijalu.

Često se pri crtanju sastava sastaju vanjski i unutarnji navoj. U tom slučaju stariji je vanjski navoj, pa u dijelovima gdje se on pojavljuje unutarnji se uopće ne crta. Istom kad vanjski navoj prestane, crta se unutarnji (sl. 107.). Preko matice se također navoj ne crta.

Oznaka navoja stavlja se ispred broja, a iza te oznake ispišu se brojčani podaci o navoju. Ti podaci obuhvaćaju prema vrsti navoja vanjski promjer, uspon navoja ili promjer cijevi na kojoj je narezan navoj, a katkada i dva od ta tri karakteristična podatka. Mjere mogu biti u mm ili colima (1 col = 25,4 mm). Detaljnije o tome uči se kod elemenata strojeva.

Vrlo često se crtaju šesterostrane matice i glave vijaka jer je vijak najčešći strojni dio. I to se vrši pojednostavnjeno, približnim postupkom (sl. 108.), ili točnim postupkom prema numeričkim podacima u standardima. Za crtanje po približnom postupku mjerodavan je vanjski promjer vijka »d«, pa ne treba posebnih tablica. Visina normalnih matica i glava standardizirana je: maticu m = 0,8 d, a za glavu k = 0,7 d.

Postupak za crtanje matica i glava vijaka predočen je na sl. 108. Lijevo i desno od svornjaka prenose se po $\frac{1}{2}$ d, pa se s visinom matice dobiju dva jednaka vanjska pravokutnika koji odgovaraju skraćeno projiciranim plohama šesterostrane matice. Dijagonale tih pravokutnika određuju središta lukova koji predstavljaju konično zaobljenje uglova matica (vidi tanko crtani tlocrt). Neskraćeno projicirana ploha matice ima polumjer R = 1,6 d sa sjedištem u središtu produženih dijagonala za oba pravokutnika, a to središte je na središnjici. Polumjer skraćeno projiciranih ploha je r = 0,4 d, a nalazi se u sjecištu dijagonala oba pravokutnika. Zaobljenja glave su u istim polumjerima.

Kod matice u bokocrtu vide se dvije skraćeno projicirane plohe sa tri skošena ugla, ali oštar rub pravokutnika na krajevima (vidi tanko crtkani tlocrt). Širina matice u bokocrtu određena je tzv. otvorom ključa s ≈ 1,75 d, pa se dobivaju opet dva pravokutnika. Prenošenjem dijagonala nastalih pravokutnika dobiju se središta lukova zaobljenih ploha u bokocrtu, a naravno da se odgovarajuće točke u nacrtu i bokocrtu moraju podudarati. Tanko crtani tlocrt matice nije potreban, niti je uobičajeno

da se crta šesterostrana matica u tlocrtu, pa je u ovoj slici crtan tanko samo radi razjašnjenja.

Lukovi abnormalno niskih i visokih matica i glava crtaju se s polumjerima koji odgovaraju normalnim maticama, tj. R = 1,6 d, r = 0,4 d. Sitne i jako umanjene matice crtaju se bez zaobljenja uglova.

Pitanja: **1.** Kako se predočuje navoj, a kako njegov završetak? — **2.** Što se kod navoja vuče punom crtom? — **3.** Kada se u sastavima crta unutarnji navoj? — **4.** Kako se međusobno razlikuju različite vrste navoja? — **5.** Kolika je normalna visina matice i glave vijka? — **6.** Nacrtajte maticu u nacrtu i bokocrtu. — **7.** Kako se crtaju matice i glave abnormalnih visina: niskih ili visokih?

KOTIRANJE

Oblik predmeta i objekata nije dovoljan za proizvodnju. Treba znati i veličine, a to se određuje kotama.

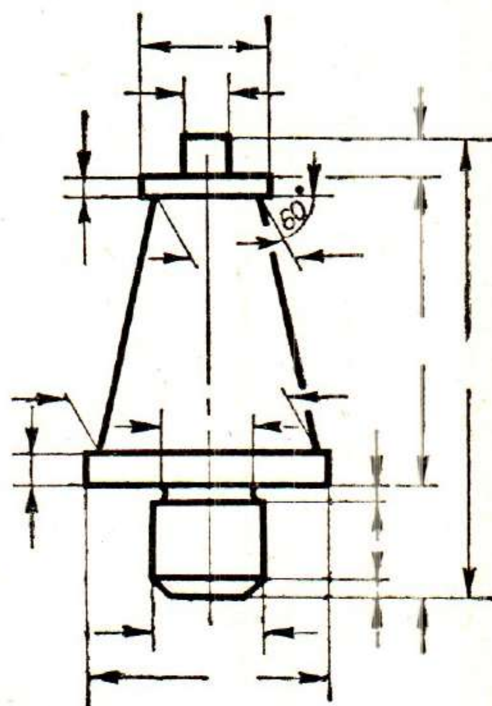
Kota se sastoji od više dijelova (sl. 109.), i to od:

1. pomoćnih mjernih crta kojima se dimenzije izvlače izvan crteža kojim je predočen oblik;

2. mjernice koja pokazuje kako treba predmet obuhvatiti pri mjerenju;

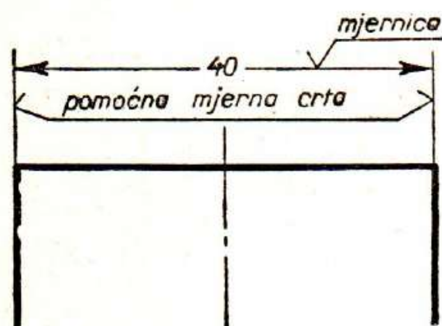
3. strelice suprotnog smjera ili drugih znakova koji pokazuju doseg kote;

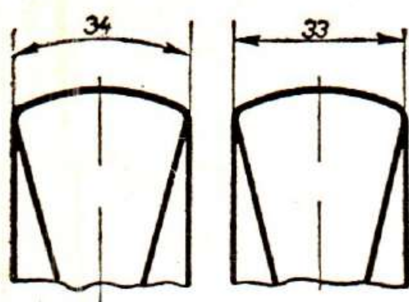
4. broja koji pokazuje veličinu, a katkada su uz broj znakovi i drugi podaci (kugla, tolerance, objašnjenja).

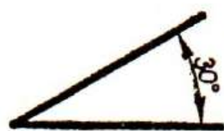


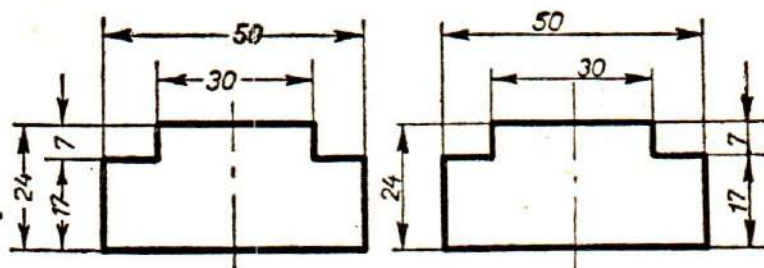
110. Pomoćne mjerne crte okomite su na plohu, a kod blagih nagiba pod kutom od 60°

109. Elementi kote









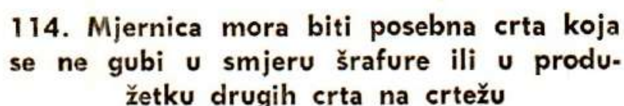
111. Mjernica pokazuje smjer mjerenja

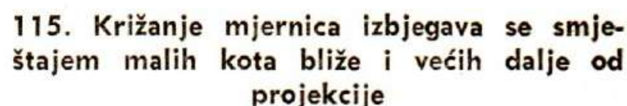
112. Mjernica kuta je luk opisan iz vrha

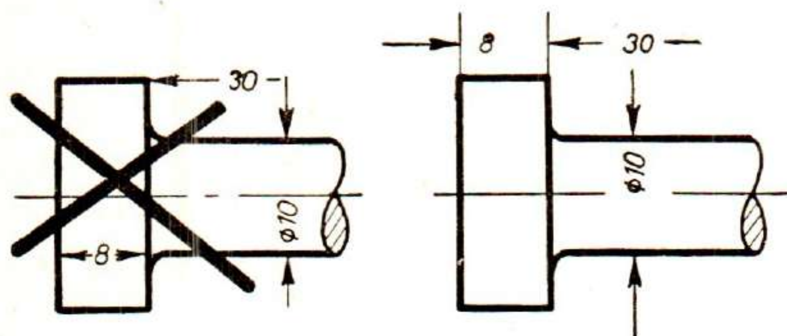
113. Mjernice se mogu prekidati za smještaj broja kad se crta tušem, ili se češće izvlače pune i broj se upisuje iznad mjernica

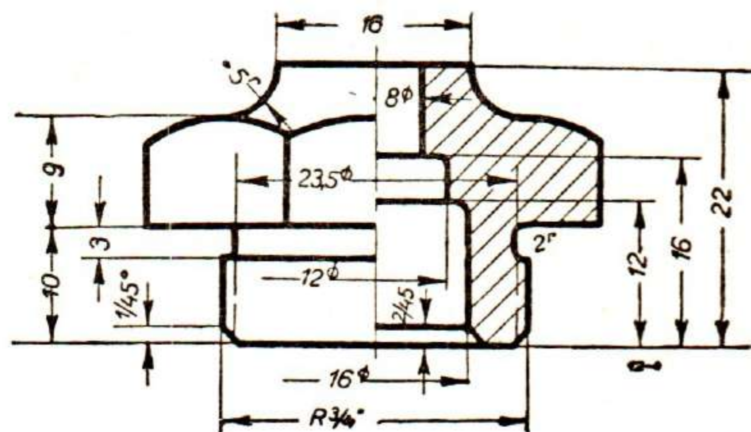
Pomoćne mjerne crte i mjernice vuku se tanko punim crtama, a strelice i brojevi su deblji da se jasno vide i na kopijama crteža. Smjesti li se kota unutar predmeta, otpadaju pomoćne mjerne crte jer ih zamjenjuju bridovi predmeta. I središnjice mogu poslužiti u zamjenu za pomoćne mjerne crte. No sve se kote ne mogu smjestiti unutar pojedinih projekcija jer bi bilo previše crta, pa crtež ne bi bio jasan. Bolje je da se kote izvuku izvan projekcija koje pokazuju oblik predmeta, a to se čini pomoćnim mjernim crtama. Te pomoćne crte vuku obično okomito na plohu, a kod blagih nagiba mogu biti i kose, ali samo pod kutom od 60° (sl. 110.).

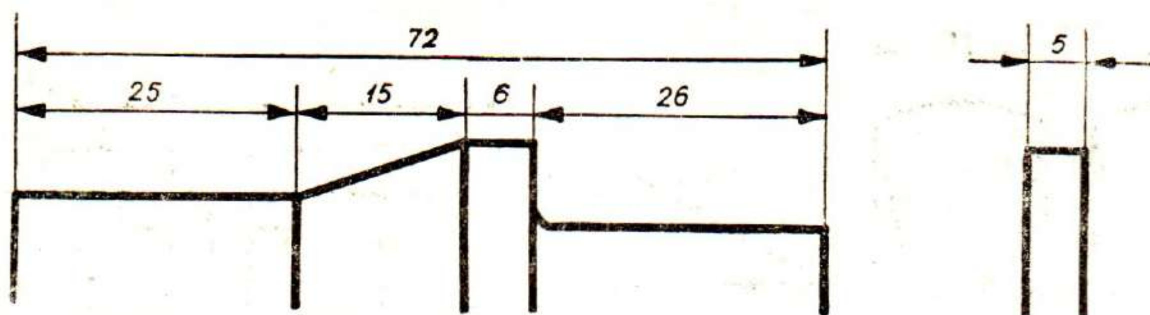
Svaka kota mora imati mjernicu, i tu crtu ne može zamijeniti nikakva druga crta. Kako je povučena mjernica, tako se mora predmet i mjeriti; ako je mjernica luk, mjeri se obod predmeta, a ako je dužina, mjeri se najkraća udaljenost (sl. 111.). Mjernica kuta je luk opisan iz vrha (sl. 112.). Mjernice se mogu prekidati za smještaj broja kote kad se crta tušem, a izvlače se pune i broj se upisuje iznad mjernice kad se crta olovkom (sl. 113.). To je zbog toga jer je smještaj broja podvrgnut stanovitim pravilima, pa kad crtamo olovkom, još ne znamo gdje će doći broj, i zato ne možemo unaprijed prekidati mjernicu. U praksi se mnogo crta


114. Mjernica mora biti posebna crta koja se ne gubi u smjeru šrafure ili u produžetku drugih crta na crtežu

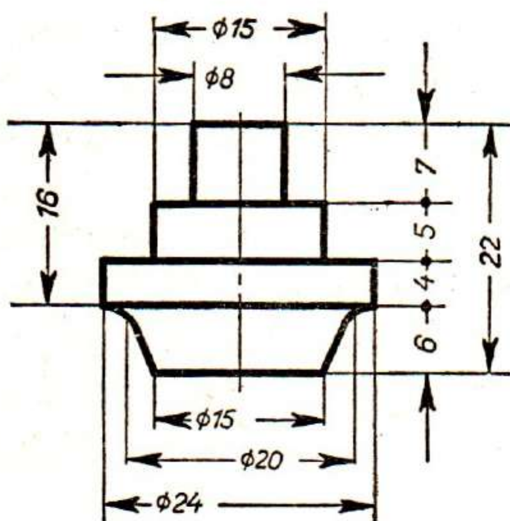

115. Križanje mjernica izbjegava se smještajem malih kota bliže i većih dalje od projekcije



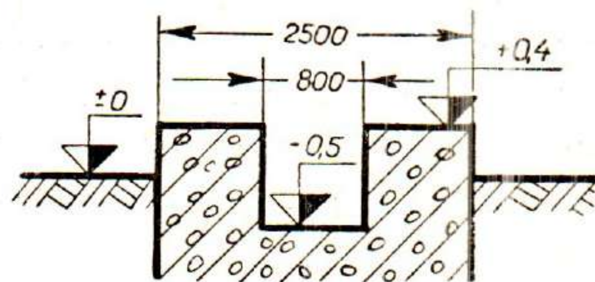




116. Strelice suprotnog smjera smještaju se unutar mjernice, a kod uskih kota izvana na produženu mjernicu



117. Nema li dovoljno mjesta, mogu se unutarnje strelice zamijeniti točkama



118. Strelice visinskih kota temelja izvlače se u građevinarstvu posebnim načinom

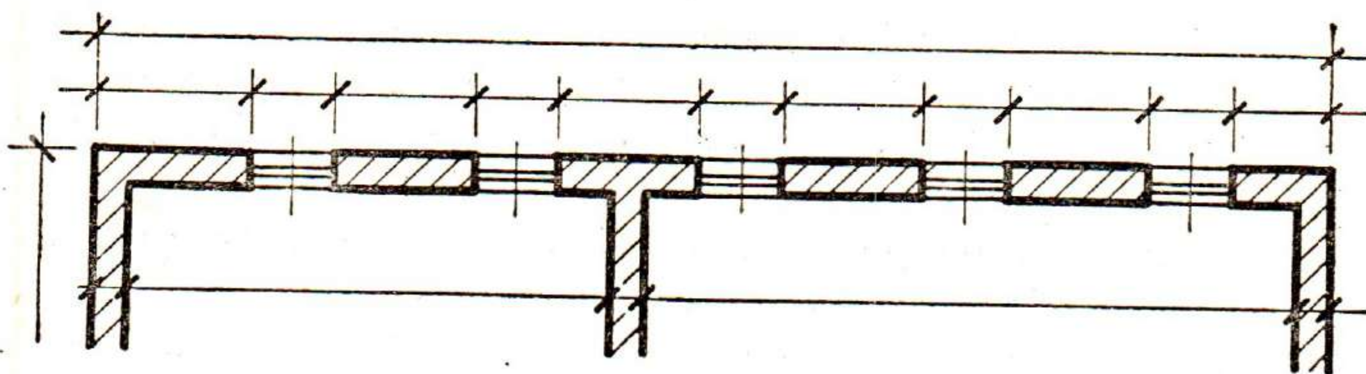
olovkom, pa je zbog toga češća puna mjernica. Mjernica se ne smije gubiti među drugim crtama, pa se u presjecima smješta da siječe crte šrafure, a inače da ne bude u produžetku koje druge crte ili brida (sl. 114.).

Treba izbjegavati međusobno križanje mjernica. To se čini tako da se neke smještaju unutar projekcije, a neke izvan nje, te da se manje kote smještaju bliže, a veće dalje od projekcije (sl. 115.). Udaljenost usporednih mjernica mora biti jednolična, oko 6—8 mm ako se mjernica prekida za smještaj broja, a 8—10 mm ako se broj piše iznad mjernica.

Mjernice se smještaju na krajevima mjernice i suprotnoga su smjera. Samo kod uskih kota, gdje nema mjesta za obje strelice i broj, mogu se strelice smjestiti s vanjske strane, ali se onda mjernica produži da bude dulja od strelice (sl. 116.). Ako u nizu kota nema dovoljno mjesta za strelice, mogu se one zamijeniti točkama u sjecištu mjernice i pomoćne mjerne crte (sl. 117.), ali kota ne može završavati točkom. Na krajevima mora biti strelica.

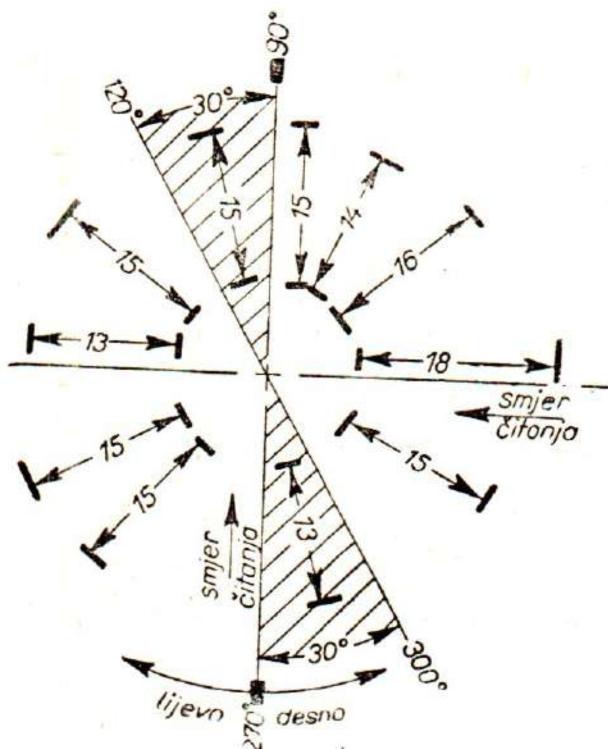
U nekim se strukama strelica izvlači drugačije. U građevinarstvu za temelje strojeva visinske se kote označuju prema sl. 118., a brojevi označuju metre. U arhitekturi i građevinarstvu uobičajena je mjesto strelice kosa crta u smjeru nagiba brojaka i nešto šira od mjernica (II stupnja, sl. 119.).

Brojka se upisuje tehničkim pismom pa je nagnuta pod 70° prema mjernici. Crtež se mora dati tako čitati da se ne vrti na sve strane. Zbog toga se brojke upisuju zdesna ako su desno od vertikale, a slijeva ako su

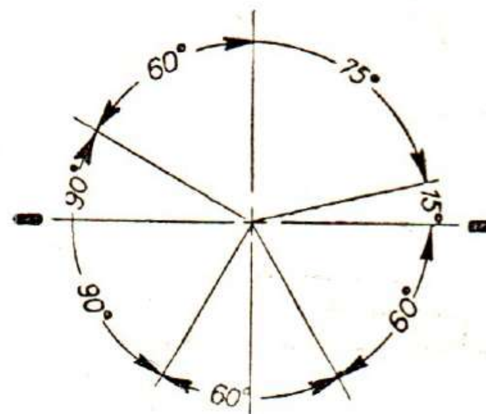


119. U arhitekturi se mjesto strelica vuku crtice u istom nagibu kao pismo, a II. stupnja debljine

120. Vertikala je granica za smjer upisivanja brojeva kota



121. Za brojke kota kutova horizontala je granica za smjer upisivanja



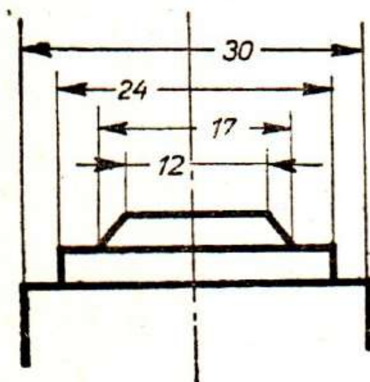
lijevo od vertikale (sl. 120.). Šrafirano polje (30° lijevo od vertikale) nezgodno je za čitanje brojaka kota, pa se izbjegava smještaj kota u to polje. Brojka kota kutova smješta se prema središtu ako je iznad horizontale, a od središta ako je ispod horizontale (sl. 121.). Prema tome je vertikala, a kod kota kutova horizontala, granica za smjer upisivanja brojaka. Kod više usporednih kota ne potpisuju se brojke jedna ispod druge, već se smještaju naizmjence lijevo i desno od središnjice (sl. 122.). Tako teže dolazi do zabuna, i mjere na crtežu su jasnije. Brojka mora na crtežu biti potpuno jasna. Zbog toga ne smije biti nikakvom crtom precrtana, a sve crte koje bi križale brojku valja prekinuti, ili broj premjestiti. Također nikakva crta ne smije odjeljivati znamenke višeznamekaste brojke.

Katkada se primjenjuje skraćena kota. To je kota kojoj nedostaje dio mjernice i jedna strelica, a broj je napisan blizu druge strelice. To se čini kod velikih simetričnih predmeta složenog oblika da se smanji broj crta (sl. 123.) i kod polovičnih presjeka gdje drugi simetričan brid nije ni nacrtan (sl. 100.).

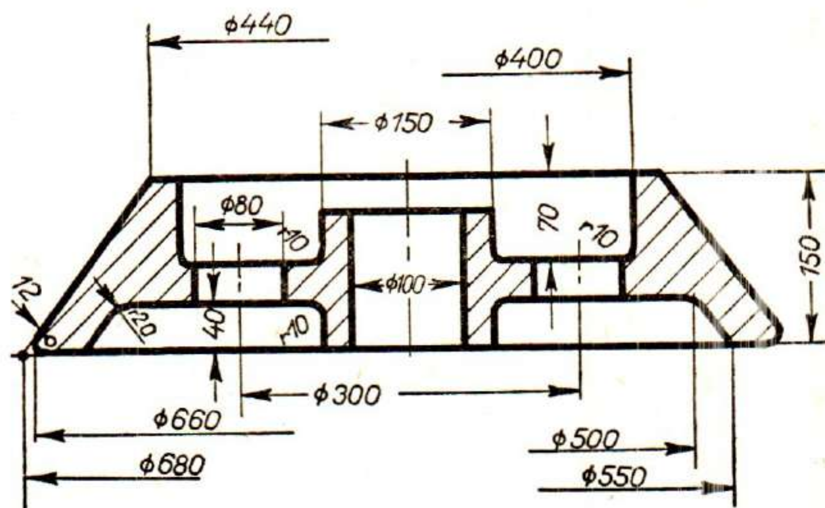
Pri kotiranju uobičajeni su znakovi za kružni oblik, kvadrat i polumjer koji se stavljaju ispred broja.

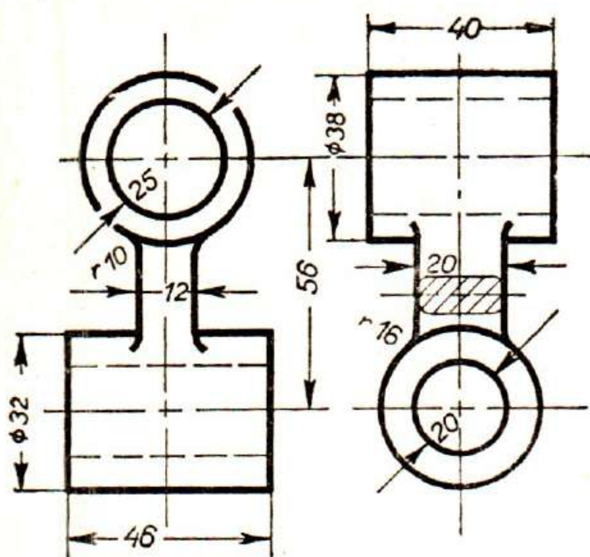
Promjer se može kotirati onda ako se može mjeriti, a to je onda ako je kružni oblik veći od polukruga. Za lukove otprilike nešto ispod 180° kotira se polumjer. Znak za promjer ∅ stavlja se ako je kružna ploha okomita na ravninu crtanja pa se projicira kao crta, i uz takvu projekciju stavlja se kota (sl. 124.). Taj znak se stavlja, pa makar se u drugoj projekciji vidi kružnica, a neće sa staviti ako se kota smjesti u projekciju gdje se kružna ploha predočuje kao kružnica u pravoj veličini.

122. Brojke usporednih mjernica unose se desno i lijevo od središnjice

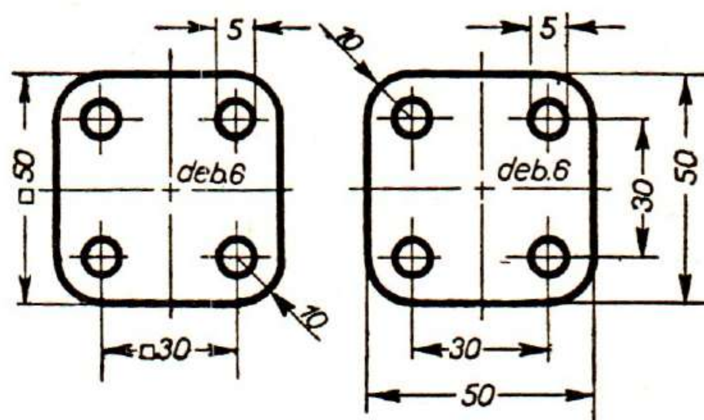


123. Skraćena kota primjenjuje se kod složenih simetričnih predmeta da se smanji broj crta





124. Znak za promjer stavlja se ako se kota smješta na kružnu plohu koja se projicira kao crta

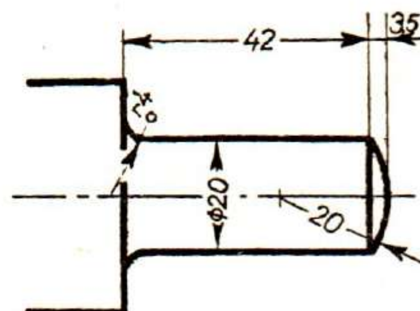


125. Znak za kvadrat stavlja se ako se jednom kotom ističe kvadratni oblik

Znak za kvadrat je uspravan kvadratić □, a stavlja se kad se jednom kotom ističe kvadratni oblik (sl. 125.). Ako se isti kvadrat kotira s dvije kote, nije potreban znak.

Kota polumjera ima mjesto jedne strelice označeno središte i znak r uz broj kote. Mjernica mora prolaziti središtem. Strelica je na mjernici s unutarnje ili vanjske strane luka. Neki stavljaju znak r kod svake kote polumjera, a drugi, pa i naš standard, ako središte nije točno određeno kotama.

Središte se također na crtežu mora označiti. Ako se nalazi u sjecištu središnjica, dovoljno je označeno. Nalazi li se na središnjici, označi se kratkom crticom preko središnjice, a ako je samostalno, malim kružićem (sl. 126.).

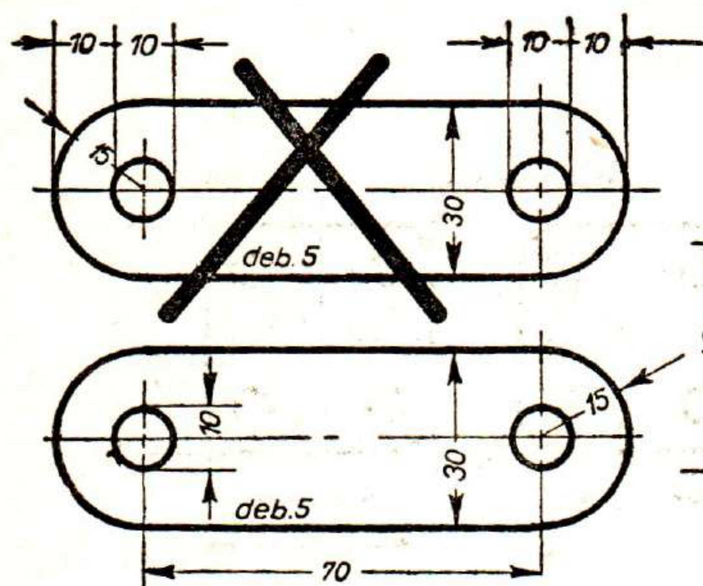


126. Samostalno središte označuje se kružićem, a središte na središnjici crticom preko središnjice

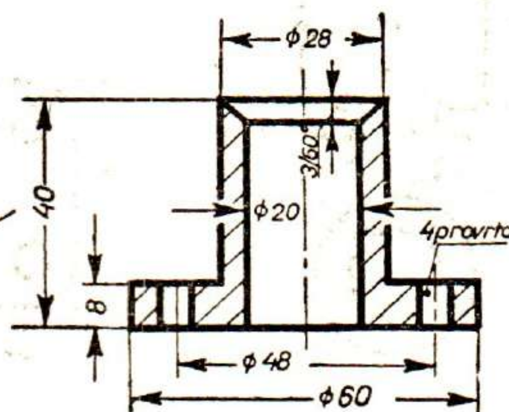
Sve kote na crtežu odnose se na gotov predmet. Treba li skidati gornje slojeve materijala različitim postupcima obrade, mora sirovina biti toliko veća koliko se obradom skida.

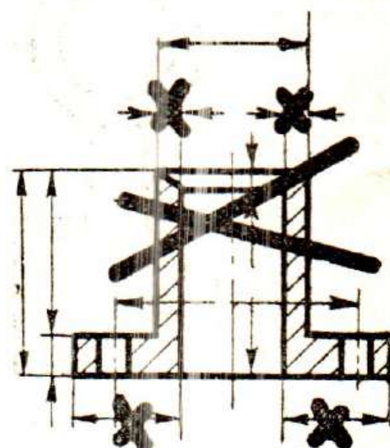
Sve mjere koje radnik treba u proizvodnji moraju biti na crtežu kotirane. Kotu treba smjestiti na ono mjesto gdje je kotirani dio najjasnije predočen da se utvrđivanjem oblika odmah pročita i kota. Svaka od projekcija mora imati kote, jer se u svakoj projekciji mora vidjeti nešto novo, a to novo valja i kotirati.

Kote za iste dimenzije ne ponavljaju se, pa se svaka kota unosi samo jedanput. Veličina jednakih dijelova koji se ponavljaju unosi se obično također samo jedanput, npr. za više provrta, prozora i sl.



127. Ne kotiraju se mjere koje radnik ne treba u proizvodnji





128. Ne kotiraju se mjere koje se pojavljuju obradbom

Uz broj kote rijetko se piše dimenzija. U strojarstvu i elektrotehnici ti brojevi znače milimetre, a mjere se ne smiju kotirati u m ili cm. U građevinarstvu i arhitekturi to su opet metri, a manje dimenzije, koje bi se morale označavati decimalama, znače centimetre, npr. debljina zida, otvor dimnjaka i sl. Stolari također kotiraju u centimetrima. Iako iza broja ne piše dimenzija mm, cm, m, zna se prema struci u kojim jedinicama su dane mjere. Za ostale mjere, kojima je dimenzija u drugim jedinicama, treba označiti tu jedinicu, npr. kod kuta stupnjeve, minute i sekunde (35°15′20″), kod nekih vijaka i cijevi mjeru u colima ($2^1/_2$″) (1 col = = 25,4 mm).

Kote se unose samo između vidljivih bridova. Nevidljivi brid predočen crtkanom crtom može poslužiti za kotu samo onda ako isti dio nije nigdje prikazan vidljivim bridom.

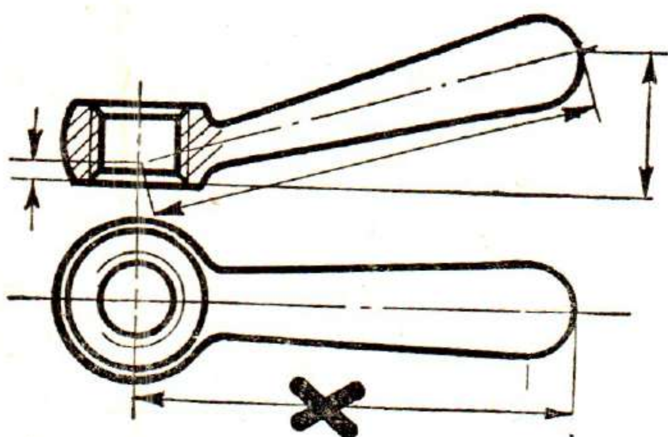
Na crtežu ne smije nedostajati nijedna kota, jer bi pri proizvodnji zapeli u radu. A radnik ne smije sam određivati veličine niti mjeriti na crtežu. Da se umanji opasnost ako se izostave važne kote, preporučuje se stanoviti red pri kotiranju. Najprije treba unijeti glavne kote predmeta, i to redom sve dužine, zatim sve visine i onda širine. Kad su te bitne kote unesene, onda se unose sporedne koje su u proizvodnji potrebne, ali funkcija neće biti ometena ako se nešto pogriješi. Najbolje je znati raditi i unositi kote onim redom i onako kako ih radnici trebaju u toku proizvodnje za svaku fazu rada. Takvo kotiranje naziva se postupno jer se kote unose prema toku (postupu) proizvodnje.

Ne smiju se kotirati mjere gdje se predmet javlja skraćeno, mjere koje su pomične, koje se pojavljuju samom obradbom, ili koje se ne mogu na predmetu mjeriti. Na sl. 127. do 131., dani su primjeri češćih grešaka u kotiranju.

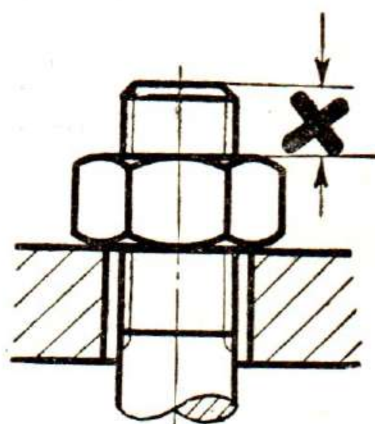
Treba još spomenuti skraćeno kotiranje. Ako je komad svuda jednake debljine, ne treba crtati drugu projekciju da se vidi ta dimenzija, nego se u nacrtu napiše riječima deb.... Skošenja rubova mogu se kotirati razlomkom ako je skošenje pod kutom 30°, 45° ili 60°. Brojnik znači visinu, a nazivnik kut skošenog ruba sa središnjicom (sl. 132.). Skošenja pod drugim kutovima, koja nisu tako česta, valja kotirati sa dvije kote (sl. 133.).

Katkada se neki jednostavniji oblici kotiraju umnoškom. Pri tome prvi broj znači nacrtanu dimenziju, obično duljinu, a drugi broj u umnošku dimenziju okomitu na nacrtano koja nije predočena projekcijom (sl. 134.). Prizmatični i valjkasti oblici kotiraju se katkada još jednostavnije: umnoškom triju brojeva, a bez mjernica i strelica (sl. 135.). Od tih brojeva prvi znači vodoravno nacrtanu dimenziju (dužinu), drugi uspravno nacrtanu dimenziju (visinu), a treći dimenziju okomitu na nacrtano (širinu), ali se uz taj treći broj obično skraćeno napiše na što se odnosi, npr. šir, deb, dub.

Razmaci provrta, ako su jednaki, ne kotiraju se pojedinačno, nego umnoškom broja razmaka i pojedinačne udaljenosti (sl. 136.), a ako su promjeri provrta jednaki, upiše se riječima iznad projekcije veličina promjera.

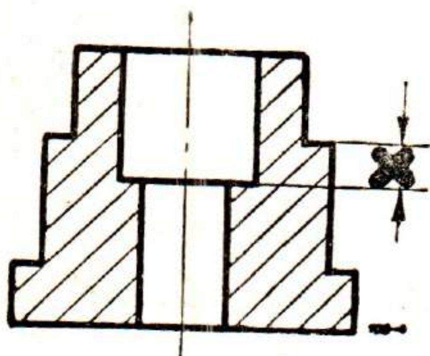


129. Ne kotira se u projekciji gdje se predmet javlja skraćeno

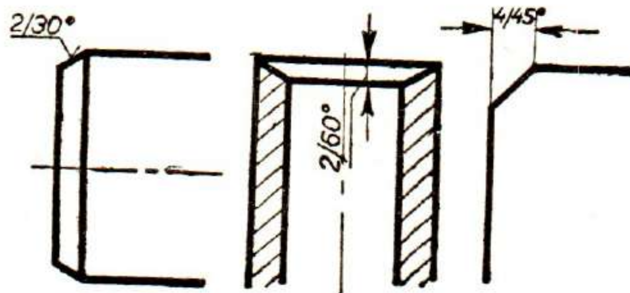


130. Ne kotiraju se udaljenosti pomičnih dijelova

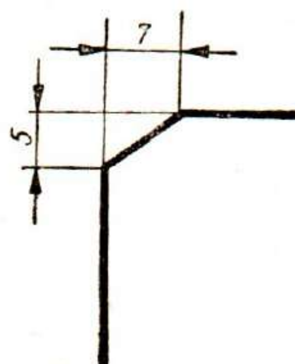
131. Ne kotiraju se mjere koje se ne mogu izravno mjeriti



132. Skošenja od 30°—40° 60° kotiraju se skraćeno razlomkom



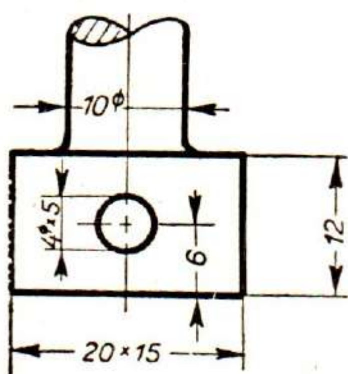
133. Prijelazi i skošenja za nenormalne kutove kotiraju se s dvije kote



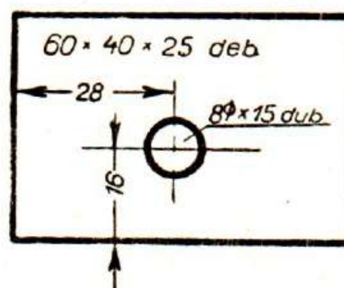
Nagib cesta, željezničkih pruga i sl. daje se promilima, npr. 12‰, što znači da je na duljini 1000 promjena visine 12. Kod strojnih dijelova daje se nagib u % ili omjerom, npr. 1 : 10, što znači da se na duljinu 10 promijeni visina za 1. Treba kotirati duljinu, jednu krajnju mjeru i navesti nagib paralelno skošenoj plohi, a može se navesti i kut skošenja ako se zahtijeva velika točnost kao kod klina (sl. 137.).

Kod koničnih dijelova, koji imaju izgled stošca i koji pristaju u isto takvu obrađenu šupljinu, kotira se dužina, promjer, polovični kut konusa da radnik zna namjestiti stroj pri obradbi i usporedno središnjici napiše se omjer konusa, npr. 1 : 10 (sl. 138.). Taj omjer znači da se za dužinu 10 promijeni promjer za 1.

List 14., obuhvaća niz podataka s pogrešno unesenim kotama. Treba uočiti greške, zaokružiti ih i ponovno kotirati predmet, ali ispravno. Zadacima su obuhvaćeni i navoji.

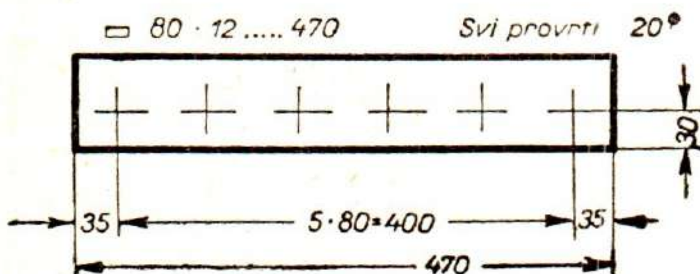


134. Umnožak brojeva u koti označuje dvije mjere: prvi broj vodoravno nacrtanu mjeru, a drugi nenacrtanu mjeru, okomito na nacrtano

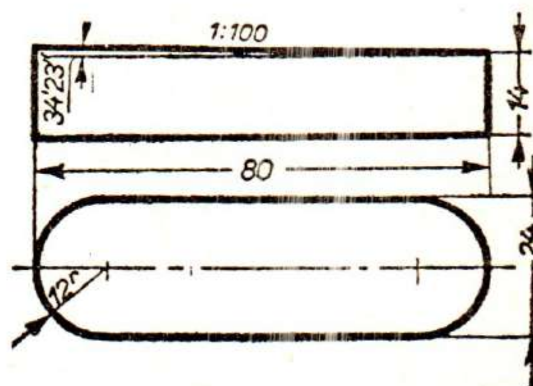


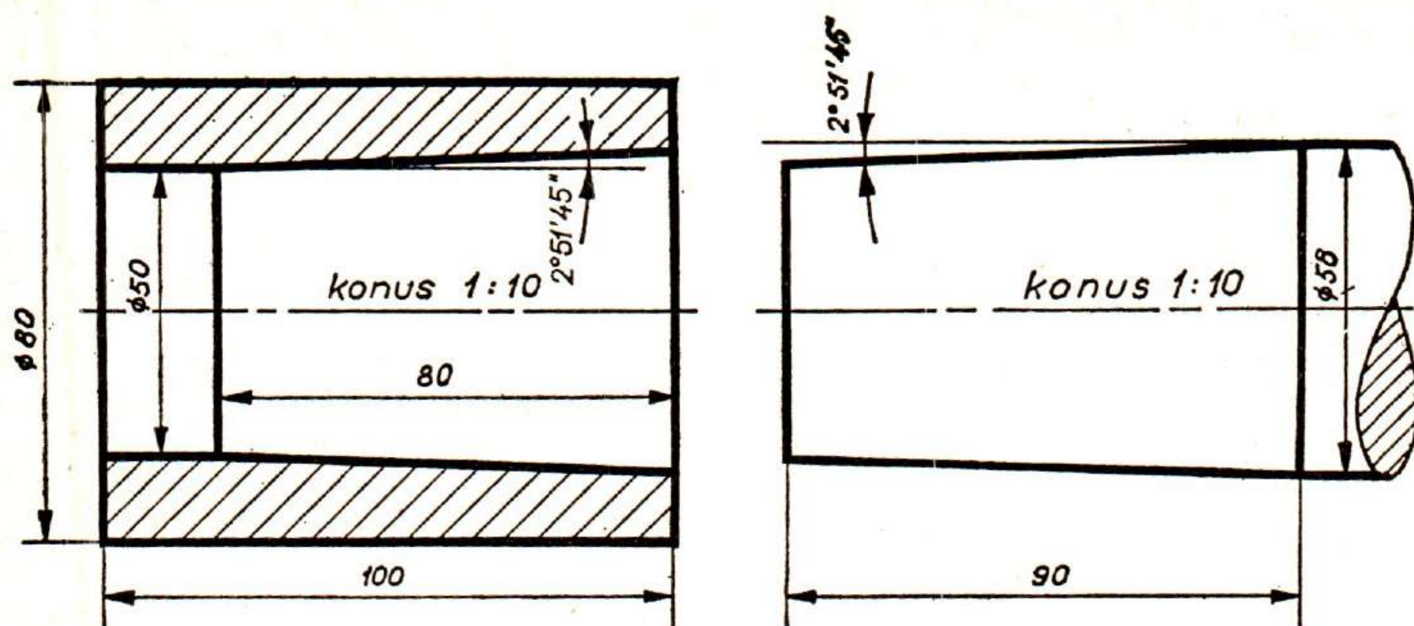
135. Brojevi kod umnoška bez ostalih elemenata kote znače: prvi vodoravnu mjeru, drugi uspravnu mjeru, a treći mjeru okomitu na nacrtano

136. Jednaki razmaci kotiraju se umnoškom broja i veličine razmaka skupnom kotom



137. Nagib se određuje omjerom, duljinom i visinom jednog kraja, a katkada i kutom nagiba





138. Konus daje se omjerom, duljinom, promjerom i polovičnim kutom konusa

Pitanja: **1.** Čemu služe kote? — **2.** Koje elemente ima kota? — **3.** Koja je svrha svakog elementa kote? — **4.** Kojom širinom i kakvim se crtama vuku crte kod kota? — **5.** Kako se izvlače pomoćne crte? — **6.** Čime se mogu zamijeniti pomoćne mjerne crte? — **7.** Može li se mjernica zamijeniti kakvom drugom crtom? — **8.** Kako treba smjestiti mjernicu prema drugim crtama na crtežu? — **9.** Kako se izbjegava križanje mjernica? — **10.** Gdje se smještaju strelice? — **11.** Čime se neke strelice mogu zamijeniti? — **12.** Koje se strelice ne mogu zamijeniti točkama? — **13.** Koji znakovi još služe u pojedinim strukama za odstojanja mjesto strelica? — **14.** Kako se unose brojke da budu čitke na crtežu? — **15.** Što je granica za smjer unošenja brojki od kota kutova? — **16.** Što je skraćenica kota i kada se primjenjuje? — **17.** Kada se prestaje kotirati polumjer i kotira se promjer? — **18.** Kada se stavlja znak za promjer? — **19.** Kada se stavlja znak za kvadrat? — **20.** Koje elemente ima kota polumjera? — **21.** Kuda mora prolaziti mjernica kote polumjera? — **22.** Kako se sve označuje središte luka? — **23.** Gdje se unosi kota na crtežu? — **24.** Mora li svaka projekcija imati kote? — **25.** Koliko puta se unosi svaka kota? — **26.** Koju dimenziju imaju brojevi kota? — **27.** Kada uz broj kote treba navesti jedinicu mjera? — **28.** Što je postupno kotiranje? — **29.** Što znače brojevi u umnošku kote? — **30.** Što se mora kotirati kod nagiba? — **31.** Što se mora kotirati kod konusa?

OBRADBA I TOLERANCE

Razni strojni dijelovi izrađuju se od poluproizvoda (šipki, motki, profila i sl.), otkovaka ili odljevaka. Poluproizvod, otkovak ili odljevak treba obraditi i predmetu dati oblik i veličinu prema crtežu. Neke površine ostat će netaknute — sirove, a neke će se obraditi, najčešće skidanjem gornjih slojeva materijala pomoću noža, turpije, brusa, glodala i slično, a na različitim strojevima. Sirovina mora biti većih dimenzija da se skidanjem gornjih slojeva postigne željeno stanje površine i tražena dimenzija, tj. sirovina mora imati dodatak za obradbu.

Stanja površina izvedena različitim postupcima obradbe mogu biti vrlo različita. Površina može biti obrađena grubo da se od rezova vide brazde, a može biti i jednolična (ravna ili pravilno zakrivljena) ili valovita. Jednoličnost i glatkoća označuju stanje površine.

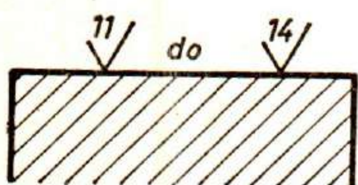
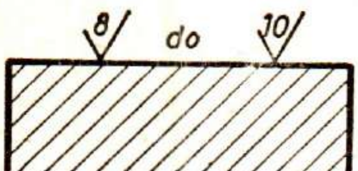
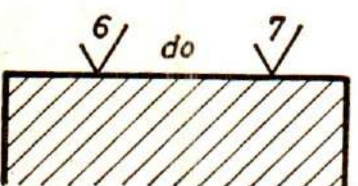
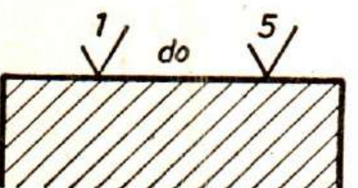
Crtežom mora biti određeno kako se moraju obraditi pojedine površine predmeta da bi on ispravno vršio svoju funkciju i da bi imao željeni izgled. Stanja površina navode se u crtežima znakovima. Najčešći je slučaj da se predmet oblikuje iz sirovine skidanjem gornjih slojeva materijala, pa za te svrhe postoji znak V, a za sve ostale postupke obradbe znak ∀ Krakovi su pod kutom od 60°, desni je krak dulji, a između krakova upisuje se broj klase hrapavosti. Brojevi klasa hrapavosti upisuju se kao brojevi kota sl. 139. da budu čitki odozdo i slijeva. Treba li unijeti neke druge podatke za mjerenje hrapavosti ili tehnološke podatke, čini se to na vodoravnom produšku duljeg desnog kraka. Iznad crte pišu se podaci o hrapavosti, a ispod crte tehnološki podaci. Npr. sl. 140. predstavlja površinu s najvećom razlikom neravnina oko $1/3$ mm, mjerenu na dužini 2,5 mm, a dorađenu postupkom brušenja.

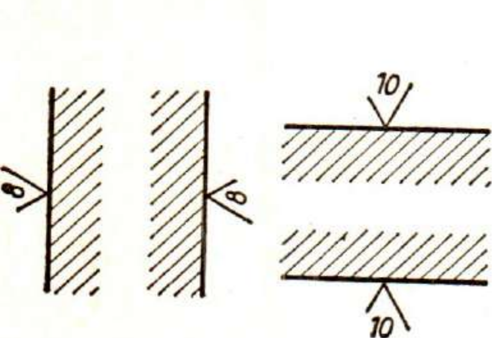
Klasama obradbe daje se podatak o hrapavosti površine mjerenoj aparatima na kratkom putu od nekoliko desetina do par milimetara. Hrapavost se mjeri na više mjesta i prema tome procjenjuje stanje cijele površine.

Kao mjerilo hrapavosti uvedeno je srednje odstupanje profila, obilježeno sa R_a, od srednje linije profila. Promatramo li povećano predočenu obrađenu površinu na dužini *l*, sl. 141., možemo između krivina povući srednju liniju profila kao aritmetsku sredinu između neravnosti tj. da zbroj kvadrata visina od krivine do te linije iznad i ispod bude jednak nuli. Ako ne uzmemo u obzir predznak tih visina, tj. zamislimo da smo plohe ispod srednje linije profila prebacili iznad te linije, pa zbroj vrijednosti svih visina podijelimo brojem mjerenja, dolazimo do veličine udaljenosti od srednje linije profila, tzv. srednje odstupanje profila R_a. Ta je crta usporedna sa srednjom linijom profila, a udaljenost R_a mjerilo hrapavosti. Pri grubljoj obradbi površina bit će veća razlika između srednje linije profila i srednjeg odstupanja profila nego pri finijoj obradbi. Veličine vrijednosti tog odstupanja razvrstane su u 14 klasa, a kreću se od 0,012 do 100 μm (mikrometar = tisućinka milimetra).

Najveća visina neravnine R_{maks} je razmak najviše i najniže točke profila mjeren usporedno srednjoj liniji profila kao bazi. Te su vrijednosti mnogo veće od srednjeg odstupanja R_a i blize starom načinu označivanja obradbe s trokutima.

Skupine klasa hrapavosti u vezi s izgledom površine i njenom primjenom daje ovaj pregled:

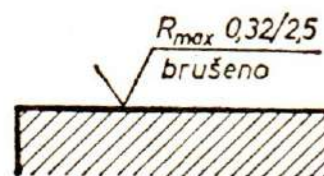
Klasa hrapavosti	R_a *u* μ*m*	*Izgled površine*	*Primjena*
		sirova	Unutarnje i vanjske neobrađene nefunkcionalne površine
	12,5—100	gruba, tragovi alata vidljivi i opipljivi	Dosjedne i brtvene površine koje miruju, nefunkcionalne površine
	1,6—6,3	fina, tragovi alata vidljivi, ali nisu rukom opipljivi	Obične tarne površine, površine s lijepim vanjskim izgledom i pokretne (rotacione) površine radi sprečavanja ozljeda
	0,4—0,8	vrlo fina, tragovi alata ni vidljivi ni opipljivi	Točne tarne površine od kojih se traži nepropusnost, površine s većom točnošću mjera
	0,012—0,2	najveći zahtjevi glatkoće	Velika glatkost i točnost oblika, npr. kontrolne mjerke, precizna pristajanja strojnih dijelova



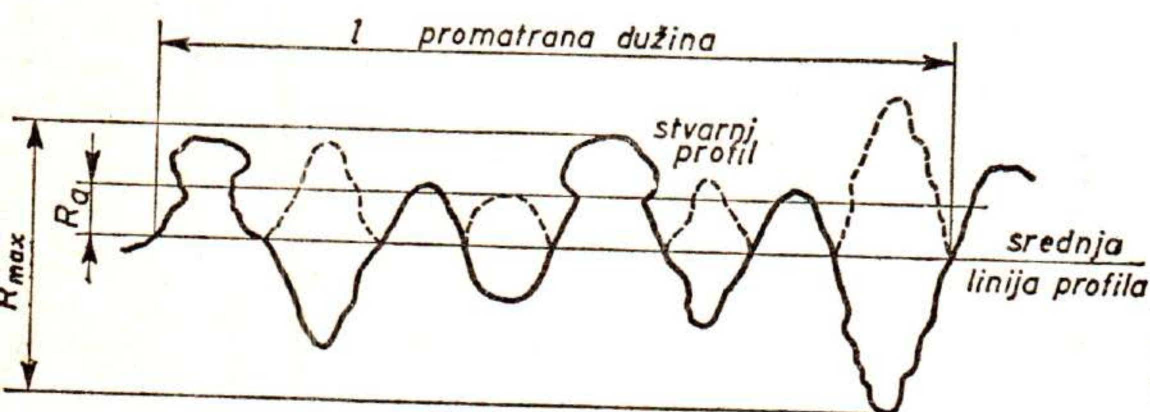




139. Brojevi klasa hrapavosti upisuju se kao brojevi kota



140. Unošenje podataka za obradbu



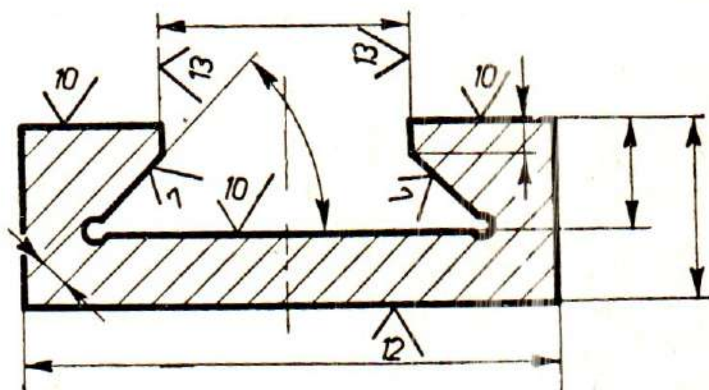
141. Srednje odstupanje profila Ra od srednje linije profila

Svi podaci obradbe odnose se na stanje površine, a ne propisuju postupak rada kojim se to stanje postiže. Postupak propisuje odjeljenje za pripremu rada tvornice prema strojnom parku i uređajima koje tvornica posjeduje, pa postupci do istog stanja površine nisu kod svih tvornica jednaki niti su troškovi isti. Obradba se može vršiti rezanjem i skidanjem gornjih slojeva materijala, tzv. mehaničkim putem, zatim kemijskim putem obično radi vanjskog izgleda, toplinskim putem za postizanje određenih fizikalnih svojstava i raznolikim drugim putovima.

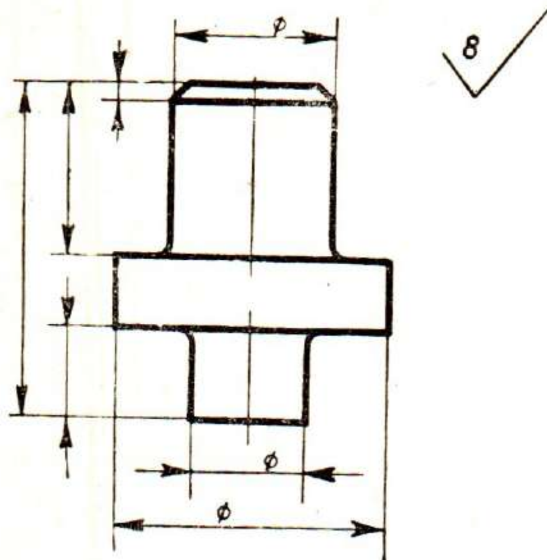
Kod znakova pokazuje šiljak na koju se površinu znak ili podatak odnosi. Znaci i podaci stavljaju se s one strane površine s koje dolazi alat za obradbu. Znak je veličine poput brojke kota, a mora šiljkom dodirivati površinu. Širina crte znaka je II. stupnja, a pokazne crte III. stupnja širine.

Za predmet crtan u više projekcija unose se znaci i podaci obradbe za svaku površinu samo jedanput, i to u onu projekciju u kojoj je ta površina najjasnije predočena. Isto pravilo važi i za kotiranje jer se i kote ne ponavljaju i smještaju se na isto mjesto. Zbog toga se i znak stavlja uz kotu da ga radnik uoči kad čita dimenzije.

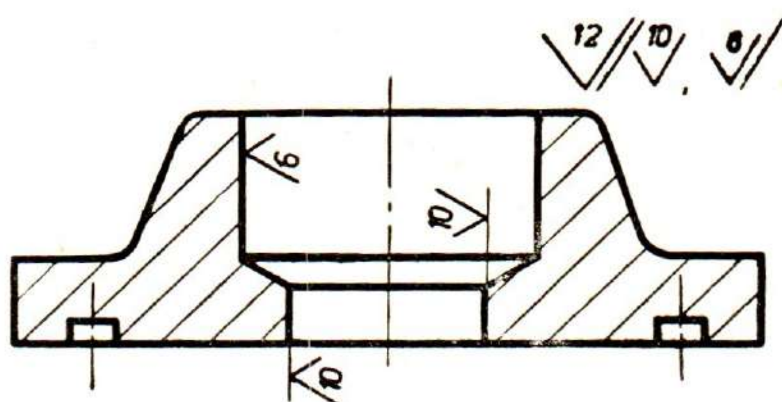
142. Znak se stavlja za svaku obrađenu površinu; nema li mjesta, stavlja se na tanko crtani produžetak te površine



Ako na predmetu ima neobrađenih i različito obrađenih površina, stavlja se znak za svaku površinu. Nema li mjesta, može se staviti na tanki produžak površine (sl. 142.). Za rotacijske površine dostaje jedan znak. Navoji, urezi, skošenja i slične površine mogu se izraditi samo nekom obradbom, pa se kod njih ne stavlja znak ako zadovoljava stanje površine dobiveno normalnom obradbom. Želi li se bolje dotjerano stanje, onda i takve površine imaju podatak za obradbu. Ako su na predmetu sve površine obrađene tako da nijedna ne ostane sirova, može se staviti



143. Ako su sve plohe predmeta jednako obrađene, stavlja se zajednički veći znak obradbe izvan crteža



144. Zajednički znak obradbe za različito obrađene površine veći je za glavnu vrstu obradbe, a za izuzetke manji i ponavlja se na odnosnim plohama

zajednički znak obradbe izvan crteža mjesto znaka za svaku plohu. Taj znak je nešto veći (sl. 143.). Kod jednako obrađenih svih ploha bit će jedan znak, a kod različito obrađenih ploha bit će za najčešću glavni znak, a izuzeci iza crte razlomka, a isti znakovi se pojavljuju kod odnosnih ploha u crtežu da se zna na koje se površine odnose. Površine bez znaka treba da se obrade prema glavnom znaku (sl. 144.).

Na crtežu piše npr. kota 30 koja se odnosi na potpuno dovršen predmet, poslije zadnje faze njegove obradbe. Svi drugi morali su ostavljati neki dodatak iznad označene kote da se skidanjem gornjih slojeva materijala ne dođe ispod označene mjere. Taj dodatak daju radnici po iskustvu jer ovisi o mnogo faktora: o načinu obradbe, veličini plohe, materijalu, stanju strojeva itd. Za rezanje nožem je dodatak po nekoliko mm, a za brušenje samo nekoliko desetina mm.

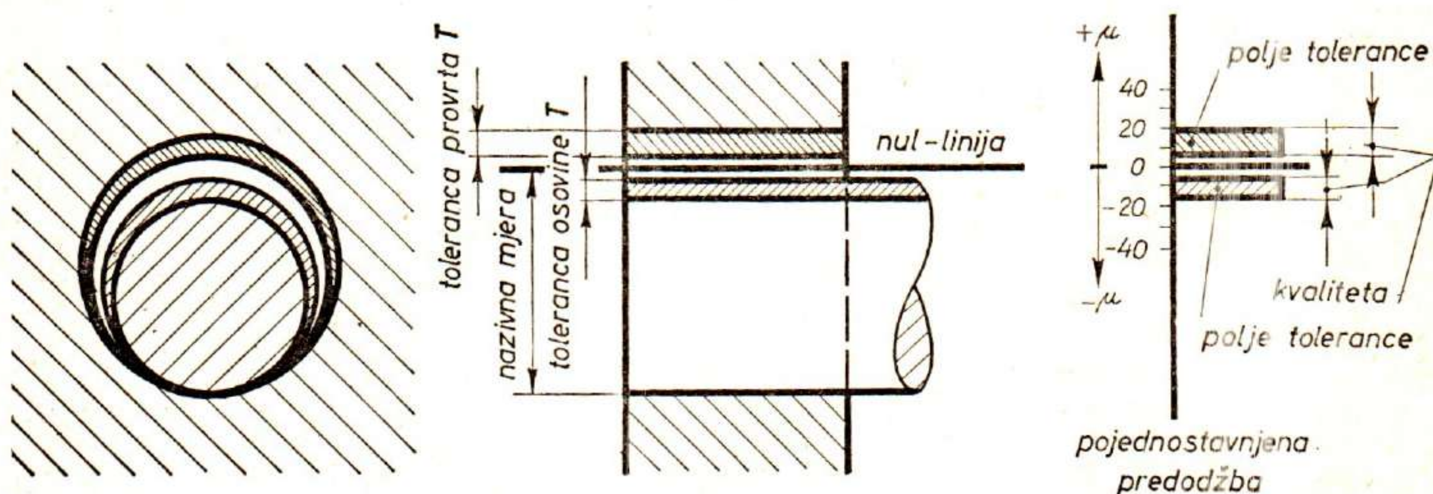
Kad bismo mjerili istu dimenziju kod nekoliko stotina jednakih predmeta preciznim aparatima kojima se mogu očitati dijelovi tisućnina mm, ne bismo našli jednaku mjeru ni kod dva-tri komada. Proizvodnja na dijelove tisućnina mm točno nije u praksi moguća. Mnogo puta ne smetaju razlike ni od više desetina mm, pa i cijelih mm, ali mnogo puta se traži od nekih mjera na predmetu mnogo veća točnost kad od te točnosti zavisi funkcioniranje tih dijelova. To su obično mjere zajedničke za dva predmeta koji u stroju rade zajedno u sklopu i treba da točno

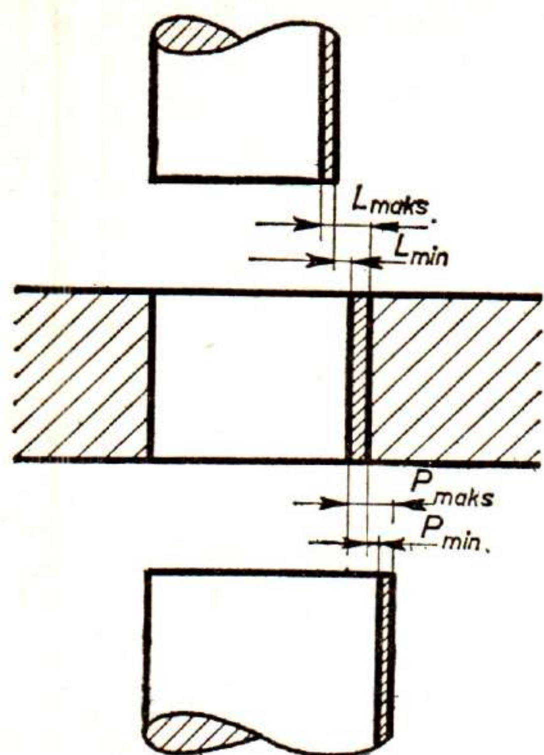
pristaju jedan uz drugi. Kažemo da takve mjere moraju imati dosjed. Jednom se traži da se jedan predmet u drugom lako okreće, drugi put da tijesno pristaje, a treći put da se silom utisne i da taj spoj čvrsto drži.

Takve različite zahtjeve na te mjere predmeta treba također propisati na crtežu tzv. tolerancama da radnik izvede mjeru onako točno kako je konstruktor propisao. To se odnosi na jednu do dvije kote na predmetu od ukupno više desetina kojima su određene dimenzije predmeta i njegovih dijelova.

Kako se mjera ne može izvesti potpuno točno kako je kotirano, za neke mjere se odstupanje od kote ne može prepustiti na volju radnika, nego se propisuje tolerancom. Prema tome, toleranca je dopušteno odstupanje od naznačene mjere, dopuštena greška u proizvodnji. Prema zahtjevu funkcije u radu stroja mogu se propisati za svaku mjeru odstupanja u svim smjerovima, pa svaka tolerirana mjera ima dvije granice: gornju i donju. Te granice zovu se odmjere, a nazivna mjera je nul-linija, što je povećano prikazano na sl. 145. Veličina dopuštenog odstupanja se zove kvaliteta, predočuje točnost proizvodnje, a po međunarodnim standardima označuje se brojevima. O kvaliteti ovisi udaljenost gornje i donje odmjere. Položaj odmjere bliže nul-liniji, koji može biti na +, na — ili jednak 0, sa svojom kvalitetom, odnosno s drugom odmjerom, zove se polje tolerance, a određuje vrst dosjeda i označuje se slovom. Kako se kod dosjeda radi o tolerancama dvaju komada, koji svaki ima svoju tolerancu, naziva se vanjska mjera u dosjedu **provrt**, a unutarnja **osovina**, bez obzira na oblik koji i ne treba biti kružan. Ti nazivi odgovaraju pojmovima toleranca za mjere u dosjedu, a nemaju veze s oblikom predmeta.

145. Pojmovi kod toleranca





146. Pojam vrsta dosjeda

Postoji li između dvaju komada u dosjedu zračnost, kaže se da je dosjed labav, a treba li sila da se ostvari spoj dvaju predmeta u dosjedu, kaže se da je dosjed čvrst ili prisan (sl. 146.). Između toga postoje prelazni dosjedi, a za svaku vrstu dosjeda: labav, prelazan i čvrst ima više stupnjeva koji se označuju slovima. Kod toleranca se radi o malim mjerama i da se izbjegnu decimalni brojevi, iskazuje se kvaliteta za svako područje promjera u tisućninama mm, a ta se jedinica mjere naziva mikrometar. Položaj odmjere bliže nul-liniji ovisi o vrsti željenog dosjeda i označuje se za provrt (vanjsku mjeru dosjeda) velikim, a za osovinu (unutarnju mjeru dosjeda) malim slovom. Dakle, toleranca je određena slovom i brojem, a za dosjed moraju biti dva slova i dva broja (sl. 147.).

Određivanje tolerance je veoma odgovoran posao i za to treba imati velikog iskustva. Ne smije se pretjerivati točnošću jer prijelazom na veću točnost raste cijena mnogostruko, pa proizvodi znatno poskupljuju. Proizvodnjom u granicama tolerance osigurava se serijska proizvodnja, tj. proizvodnja velikog broja istih komada. Ako se u dosjed imaju spojiti dva komada, svaki sa svojom tolerancom, onda bilo koji komad jedne grupe mora u dosjedu ispravno funkcionirati s bilo kojim komadom druge grupe. U praksi se računa sa srednjom tolerancom, a provjeravaju se odmjere. Istom ako granični slučajevi spoja onemogućavaju ispravan rad stroja, treba preći na strožu tolerancu. A kakvi slučajevi mogu nastupiti? To predočava grafički sl. 148.

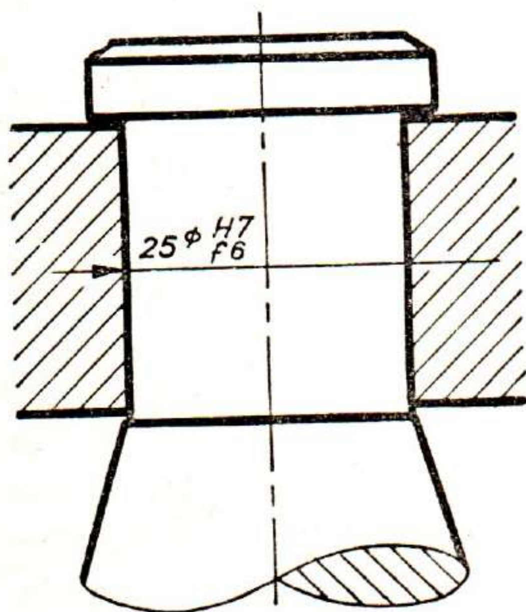
Neka H 7 predstavlja tolerancu provrta jednog člana u dosjedu, a f 6 tolerancu osovine — drugog člana u dosjedu. Praksa je dokazala da su stvarne mjere nešto iznad polovice tolerance, jer su radnici pri proizvodnji u blizini propisane mjere veoma oprezni pa skidaju vrlo male slojeve da ne prekorače donju granicu. Ako je suviše materijala, komad se

daljom obradbom dotjera na ispravnu mjeru, ali ako je ispod donje odmjere, više se ne da popraviti pa se odbacuje. Pri sklapanju u dosjed najčešće će biti da oba komada imaju mjeru oko polovice dopuštene tolerance, pa će spoj biti izvrstan (1). No može biti da se uzme jedan komad iz grupe s izvedenom tolerancom oko polovice, a drugi iz druge grupe sa graničnom vrijednosti. Spoj će biti još dobar (2). Najnepovoljniji je slučaj da komad jedne grupe bude s jednom krajnom tolerancom, npr. donjom, a drugi komad druge grupe s drugom suprotnom krajnom tolerancom, ovdje gornjom (3). Spoj mora još funkcionirati, a to se u praksi ispituje. Ne radi li stroj s takvim dosjedom ispravno, mora se preći na strožu tolerancu i time znatno skuplju proizvodnju.

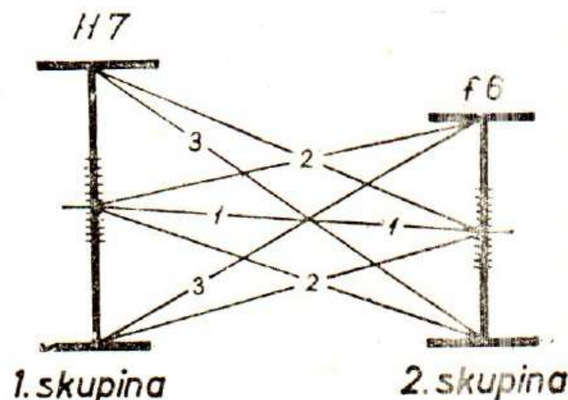
U proizvodnji obična, pa i točnija mjerila, ne dostaju za izvođenje toleriranih mjera. Treba za svaku toleriranu mjeru i svaku propisanu tolerancu imati tzv. mjerku ili kalibar koji ima dva otvora za osovine ili dva čepa za provrte, jedan mora vlastitom težinom proći i obuhvatiti ili ući preko tolerirane mjere, a drugi mora zapeti. Na jednoj strani mjerke piše »ide«, a na drugoj »ne ide«. Svi komadi izvedeni sa drugim mjerama izvan područja mjerke odmetak su ili škart i nisu upotrebljivi za propisani dosjed, a to je gubitak za proizvodnju. Veća točnost zahtijeva skuplje i točnije strojeve, specijalne postupke i alate, dulje pažljivije vrijeme obradbe, pa osim velikih izdataka za mjerke toleriranih mjera dolaze još dalja poskupljenja za strojeve, postupke, dulje vrijeme obradbe zbog opreznosti i sl., i zbog toga je proizvodnja s toleriranim mjerama skupa.

Kao primjer crteža u metalskoj struci naveden je na sl. 149. montažni ili sastavni crtež sastavljenog strojnog dijela (kliznog ležaja). Iz tog je

147. Toleranca u sastavu označuje se tolerancom provrta (veliko slovo) i tolerancom osovine (malo slovo)



148. Na strožu tolerancu treba preći kad granični slučajevi (3) onemogućuju ispravan rad



crteža vidljivo kako su pojedini dijelovi međusobno spojeni i kako taj sastav funkcionira. U popisu sastavnice navedeni su svi pripadni dijelovi. Redni broj dijelova, tzv. pozicija, unosi se odozdo prema gore, pa je najdonji broj 1. To omogućuje da se naknadno primijenjeni dijelovi mogu redom dalje upisati u popis u produžetku popisa sastavnice.

Ovakvi crteži ne služe za direktnu proizvodnju strojnih dijelova, već samo za montažu. Za proizvodnju mora svaki dio biti predočen posebnim, tzv. detaljnim ili radioničkom crtežom (sl. 150.). Iz radioničkog crteža mora biti vidljiv oblik predmeta, njegova veličina, podaci o obradbi pojedine plohe i točnosti obradbe. Na takvom se crtežu mogu navesti i podaci koji olakšavaju razumijevanje, npr. prostornom predodžbom ili opisom riječima.

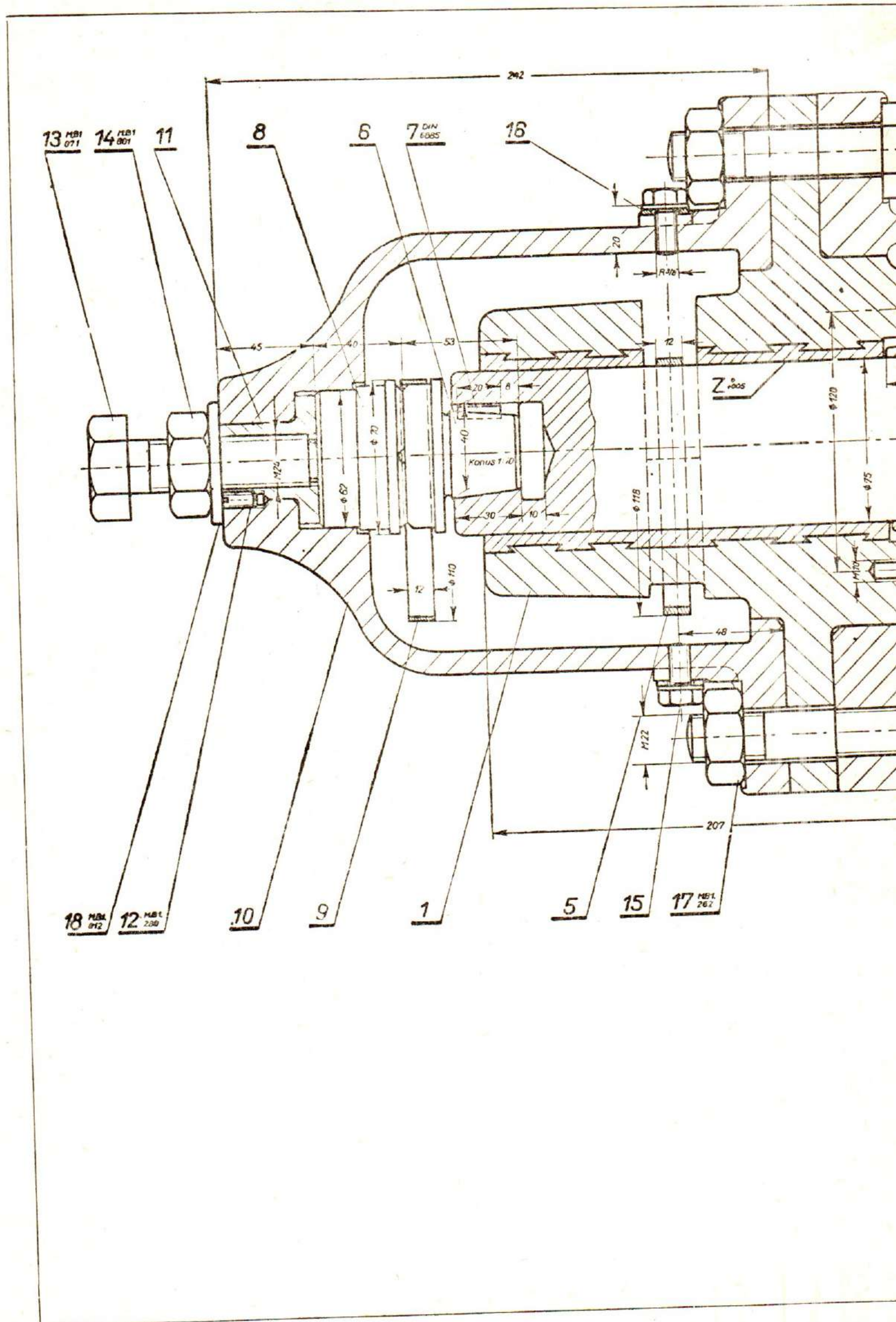
Svaki crtež mora imati sastavnicu. To je njegova legitimacija. U sastavnici su navedeni podaci o crtanom predmetu (naziv, materijal, mjerilo crtanja, težine i dr.), o izvodiocima i o pripadnosti crteža svome sastavu ili objektu.

Slike 149. i 150. nalaze se na kraju knjige.

Pitanja: **1.** Gdje radnik nalazi podatke o obradbi pojedinih ploha i o točnosti izvođenja? — **2.** O čemu ovisi stanje površine? — **3.** Kada se podaci obradbe daju znakovima, a kada riječima? — **4.** Kako se označuje sirova ravna površina? — **5.** Kakva može biti neobrađena površina predmeta? — **6.** Što određuje grubo obrađenu površinu i kakav je znak za nju? — **7.** Kada kažemo da je površina fino obrađena i kakve su klase te obradbe? — **8.** Koje su karakteristike i klase za vrlo fino obrađenu površinu? — **9.** Kako se u crtež unose podaci obradbe riječima? — **10.** Na što se odnose podaci obradbe? — **11.** Propisuju li podaci obradbe postupak rada ili stanje površine? — **12.** S koje strane plohe se stavlja znak obradbe? — **13.** Kako izgledaju znakovi obradbe i kojom širinom se vuku? — **14.** Gdje se u crtežu unosi znak ili podatak obradbe? — **15.** Koliko znakova obradbe treba za rotacijsku površinu? — **16.** Može li površina biti obrađena i bez znakova obradbe? — **17.** Kada se može staviti zajednički znak obradbe? — **18.** Može li se zajednički znak obradbe primijeniti kod različito obrađenih površina? — **19.** Kada se mora ostavljati dodatak za obradbu? — **20.** Može li se proizvodnja vršiti apsolutno točno po danim mjerama? — **21.** Koje mjere valja tolerirati? — **22.** Što je dosjed dvaju predmeta? — **23.** Što je toleranca? — **24.** Što je gornja i donja odmjera? — **25.** Što je nazivna mjera? — **26.** Što predstavlja nul-linija? — **27.** Što nazivamo kvalitetom i kako se označuje? — **28.** Što predstavlja polje tolerance i kako se označuje? — **29.** Što je provrt i osovina u smislu toleranca? — **30.** Kakvih ima dosjeda i kako se označuju? — **31.** Što se kod toleranca označuje velikim, a što malim slovom? — **32.** U kojim jedinicama mjera su dane tolerance? — **33.** Kada treba preći na strožu tolerancu u proizvodnji? — **34.** Kako se u praksi mjere tolerirane mjere? — **35.** Koji je uvjet za serijsku proizvodnju?

SADRŽAJ

Izdavačko poduzeće »ŠKOLSKA KNJIGA«, Zagreb, Masarykova ul. 28. — Za izdavača: JOSIP MALIĆ — Grafički urednik: MARIJAN GORŠIĆ — Lektor: MARA MILIĆ — Korektori: IVANKA PALEŠČAK-RADEŠIĆ i MIRJANA ŠAH — Tiskanje završeno u travnju 1978



149. Sastavni crtež kliznog ležaja

2

3

ϕ150

320

204

280

4 MB1 130



Kom	Naziv i karakt izmjene	Poz.	Br crteža standard	Materijal	Izmjere sirovine	Težina N za 1 izrad	Težina B za 1 sast	Primjed.
1	Podloška ϕ25/40×4	18	MB2.012	Č 0000				
4	Zatični vijak M22×70	17	M.B1.262	ČV 2A				
2	Podloška ϕ35/17×4	16	21		ϕ35×4			
2	Zaklopni vijak R 3/8"×20	15	21	CuSn5Zn7	ϕ35×38			
1	Protumatica M24	14	MB1 601	ČV 1A	MB1 601			
1	Vijak s produškom M24×90	13	MB1 071	ČV 1A	"			
1	Uvrtni vijak M6×10	12	MB1 280	ČV 1A				
1	Puškica s navojem M24	11	21	BCuSn 10	ϕ6×50			
1	Poklopac ležaja	10	21	SL 22	Mod 10/0510			
1	Prsten za mazanje ϕ110/105	9	21	Č 0245	ϕ110×15			
1	Uporni prsten	8	21	Č 0645	ϕ70×45			
1	Pero A 10×8 ... 20	7	DIN 6885	Č 0645	10×8×20			
1	Nastavak	6	20	Č 1730	ϕ70×62			
1	2/2 prsten za mazanje	5	20	Č 025	118×16			
4	Upušteni vijak M10×30	4	MB1 130	ČV 1A				
1	Priložak ϕ150/88×10	3	20	Č 0245	ϕ155×15			
2	Manšeta ϕ150/75	2	20		ϕ150			
1	Ležaj s oblogom od B.K	1	20	SL 26	Mod 09/0501			

Izmjene i primjedbe

Ovom sklopu pripada PT 6/0520, PT 6/0521

Za nacrtani sastav

	Datum	Ime	Potpis
Konstr.	10.11.57	Ing Kour	
Razrad	15.11.57	Ivić	
Crtao	30.12.57	Topić	
Pregl.	30.12.57	Koti	
Vidio	31.12.57	Ponei	

Netto težina ~ kg

Ovom crt pripadaju crteži PT 6

Pripad v crt

TURBINA KARLOVAC

Mjerilo: 1:1

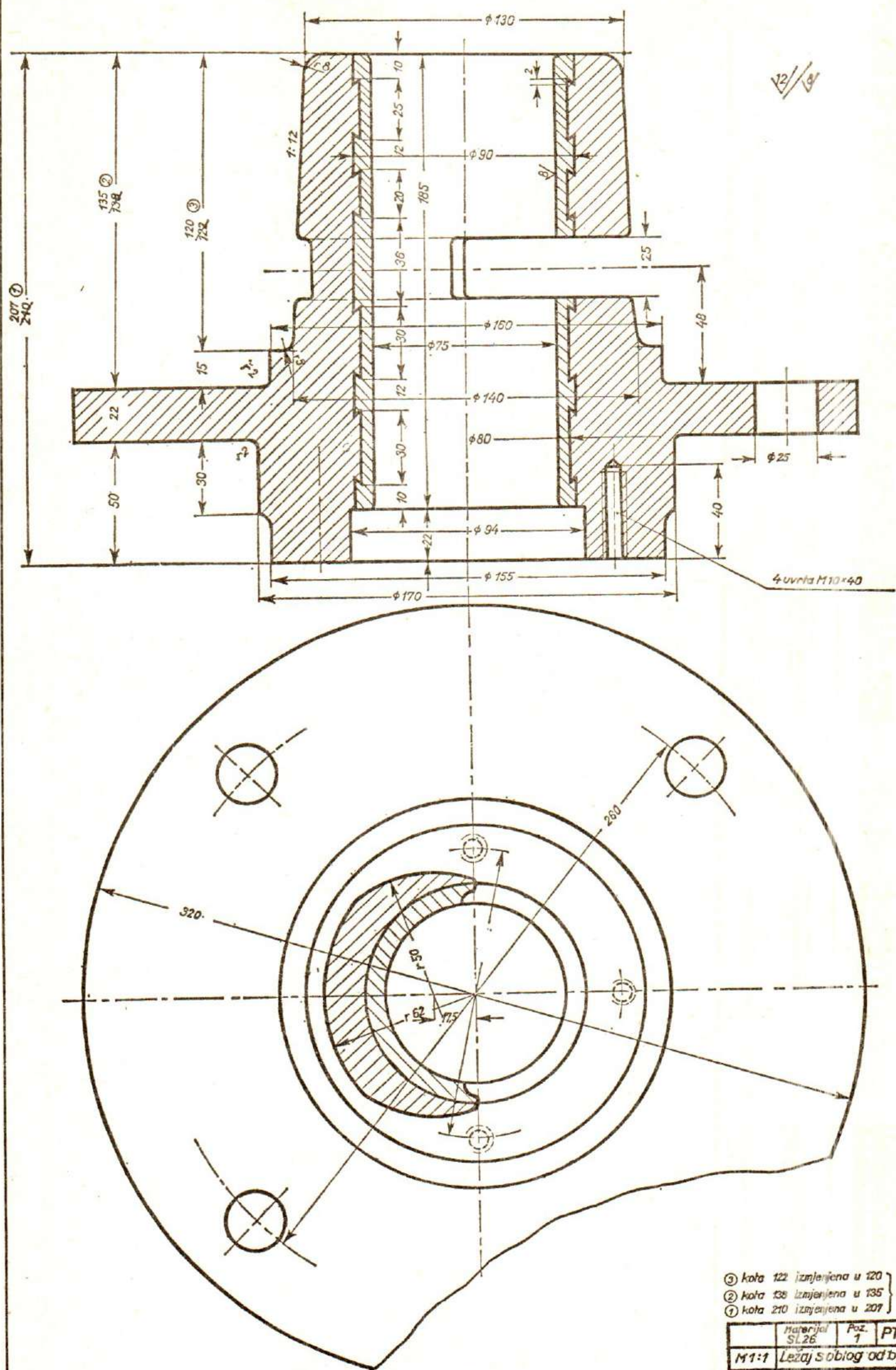
KLIZNI LEŽAJ

Za radijalno i aksijalno opterećenje

PT 6/05

List uk. 47 | Naknada za

List br. 19 | Zamijenjeno sa



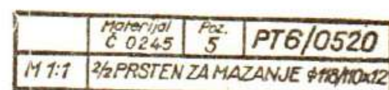
150. Detaljni crtež kliznog ležaja



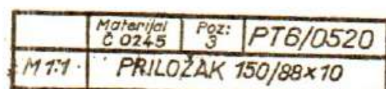
	Materijal Koža	Poz: 2	PT6/0520
M 1:1	MANŠETA ϕ150/75		

Raskovano

Detalj „a"
M 5:1



	Materijal Č 0245	Poz: 5	PT6/0520
M 1:1	2/2 PRSTEN ZA MAZANJE ϕ118/110x12		

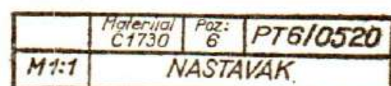


	Materijal Č 0245	Poz: 3	PT6/0520
M 1:1	PRILOŽAK 150/88x10		

Zakaljeno

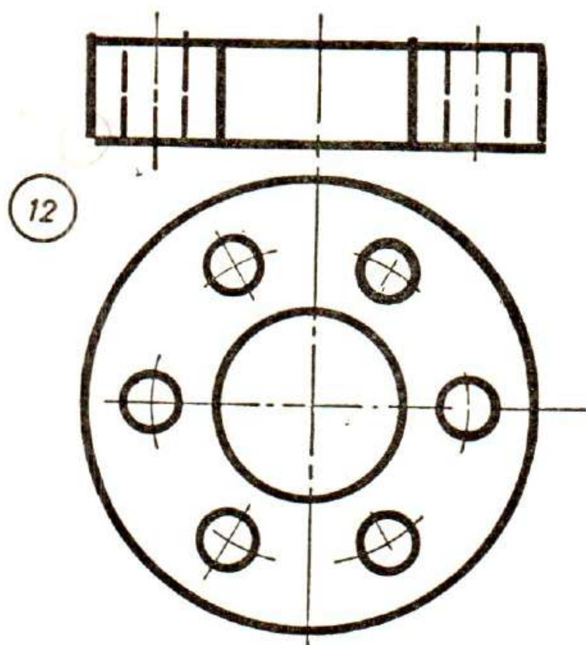
konus 1:10

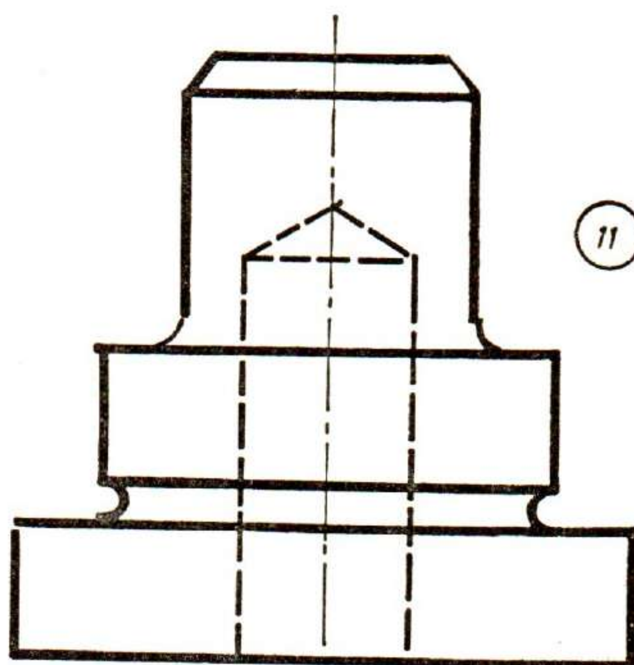
Udar 0,02

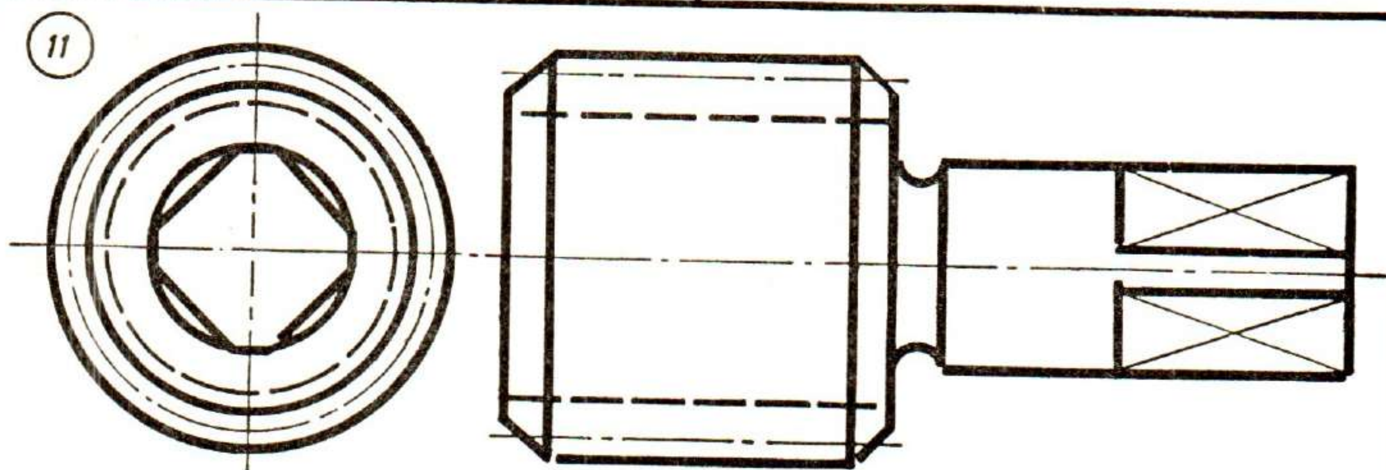


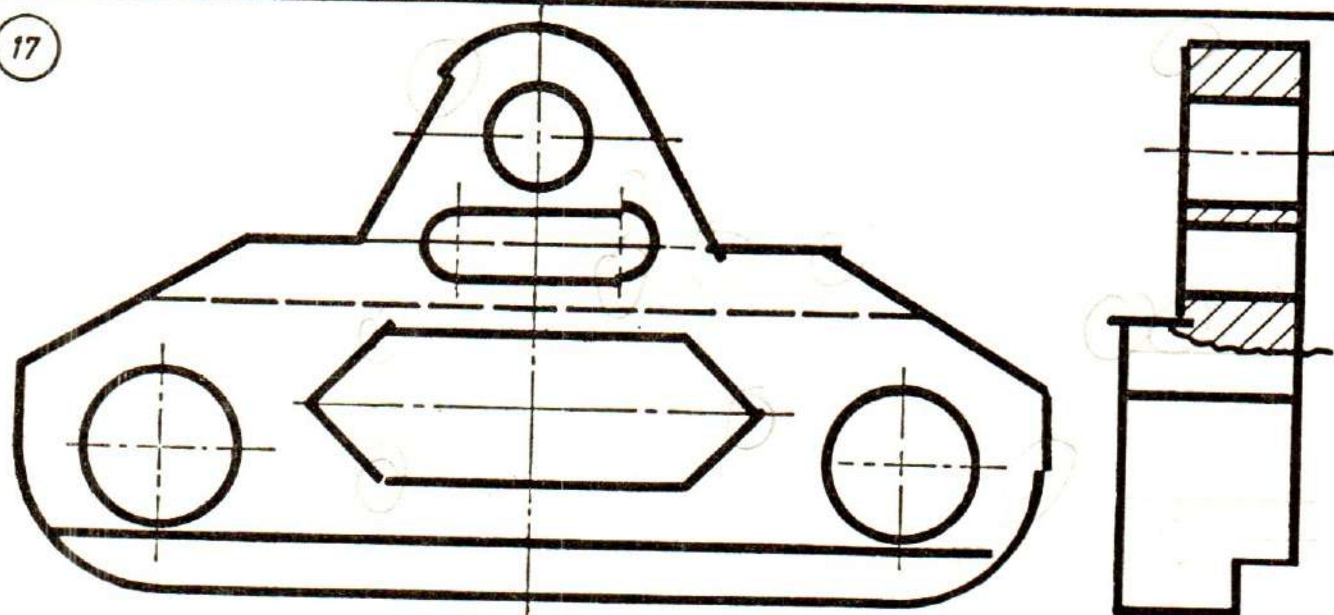
	Materijal Č 1730	Poz: 6	PT6/0520
M 1:1	NASTAVAK		

Nacrtani crteži nisu izvučeni savjesno. Zaokružite greške. (Broj u kružiću uz svaku sliku označuje broj grešaka.)









Prezime i razred	NESAVJESNO VUČENJE CRTA	*List 1.*

Brojevima su označeni mogući položaji dužina (bridova tijela) prema dvije i tri ravnine crtanja, a niže su nacrtane projekcije tih dužina, različito poredane. Uz svaku projekciju je kružić, pa u nj stavite broj koji odgovara napisanom položaju dužina npr. 1. Zatim postavite olovku u prostoru tako da dobijete slične projekcije.

P o l o ž a j i   d u ž i n a

1 — || sa 1 i 2

2 — ⊥ na 1 || sa 2

3 — ⊥ na 2 || sa 1

4 — || sa 1 koso na 2

5 — || sa 2 koso na 1

6 — koso na 1 i 2

7 — ⊥ 1 || 2 i 3

8 — ⊥ 2 || 1 i 3

9 — ⊥ 3 || 1 i 2

10 — || 1 koso 2 i 3

11 — || 2 koso 1 i 3

12 — || 3 koso 1 i 2

13 — koso na 1, 2 i 3

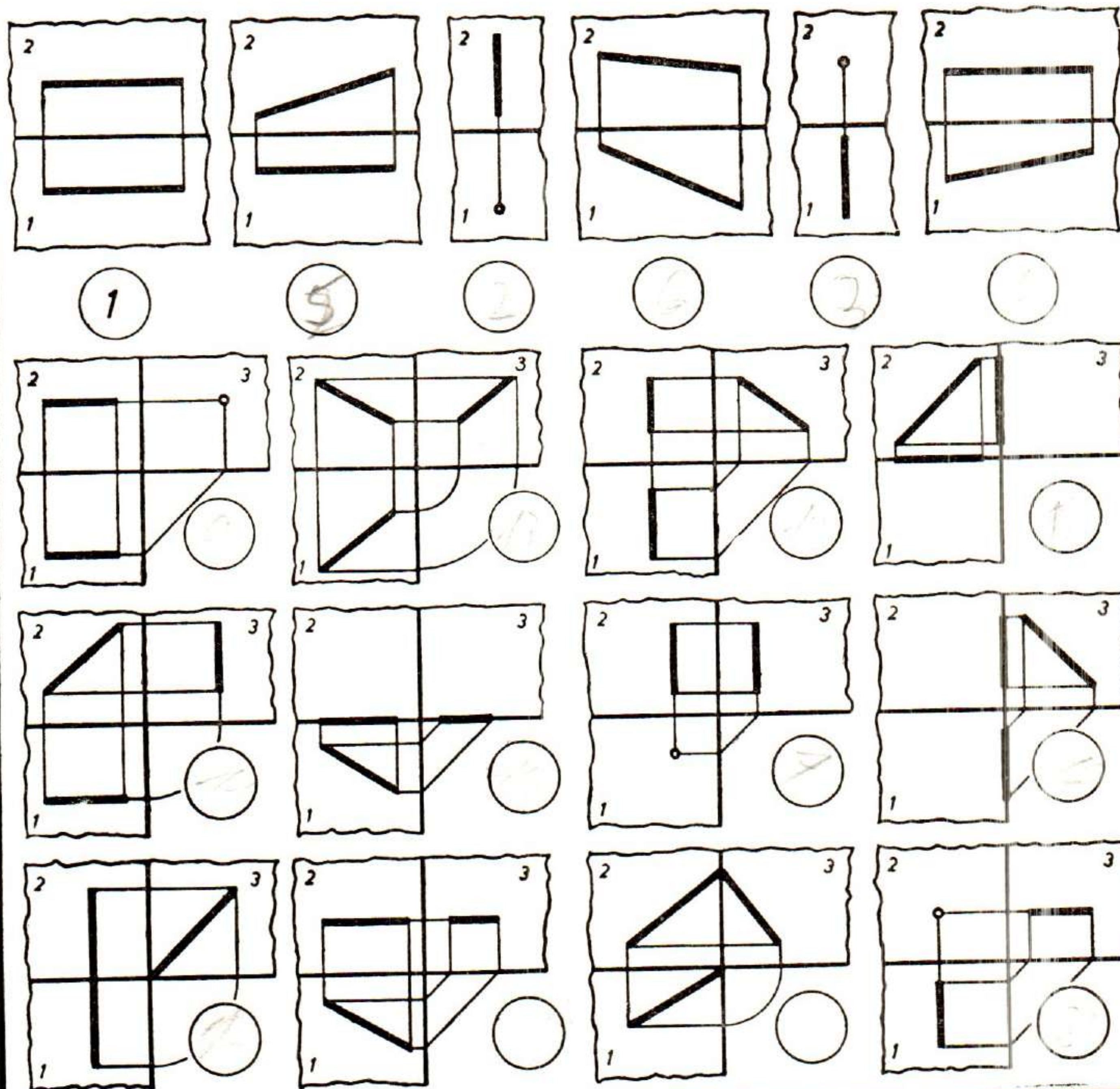
14 — leži u 1, koso 2, 3

15 — leži u 2, koso 1, 3

16 — leži u 3, koso 1, 2

17 — || 3 probada x

18 — koso 1, 2, 3 probada os z

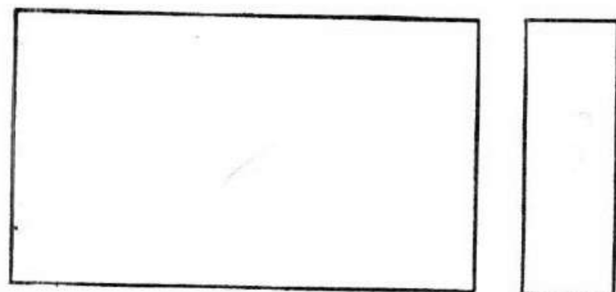


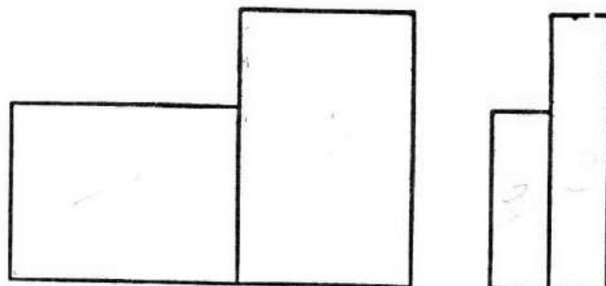
Prezime i razred

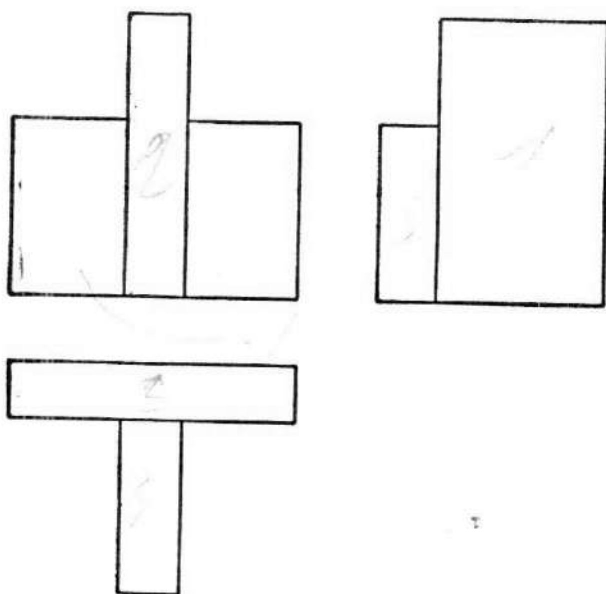
PROJEKCIJE DUŽINA

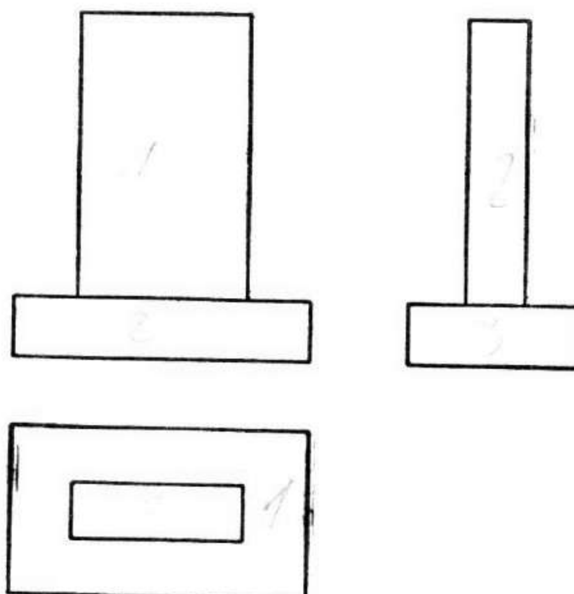
List 2.

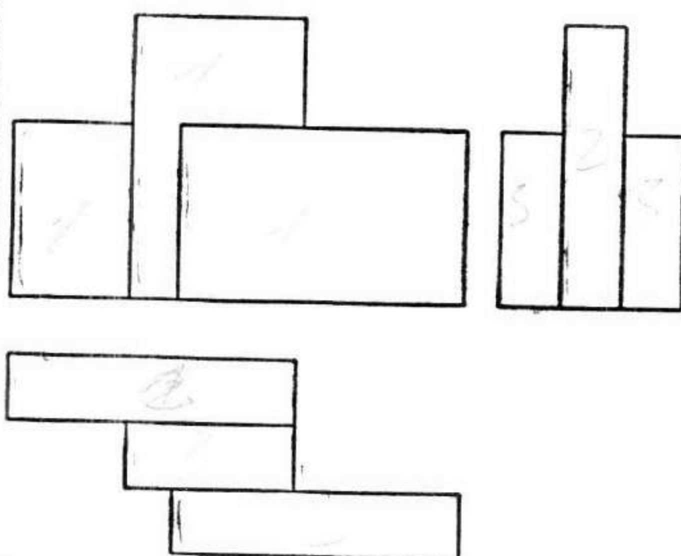
Kutija šibica ima dimenzije 5×3×1. Obojite plohe kao na sl. 67.: crveno najveće, crno uske, na kojima se šibice pale, a plavo bočne, na koje se kutija otvara. Tanko su nacrtane projekcije kombinirane od jedne do tri kutije. Složite prema crtežu kutije šibica, a u projekcijama obojite pripadnom bojom plohe koje se projiciraju opet kao plohe, a plohe koje se projiciraju kao dužine izvucite pripadnom bojom plohe preko tanke nacrtane crte.

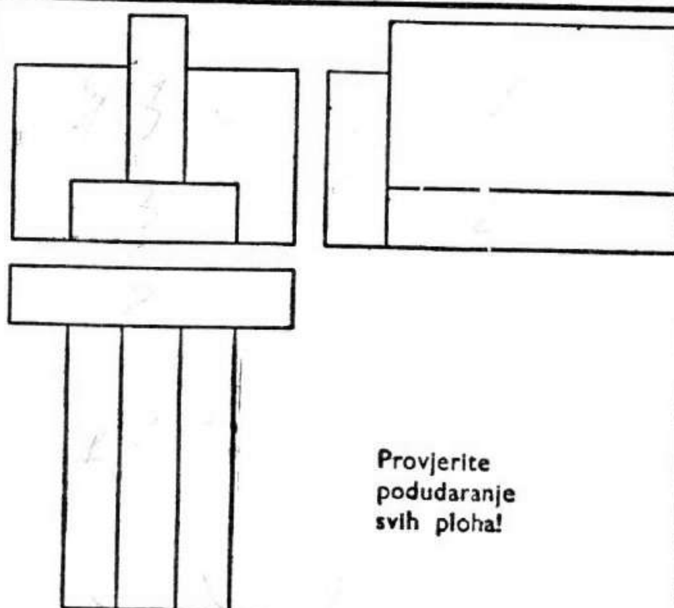








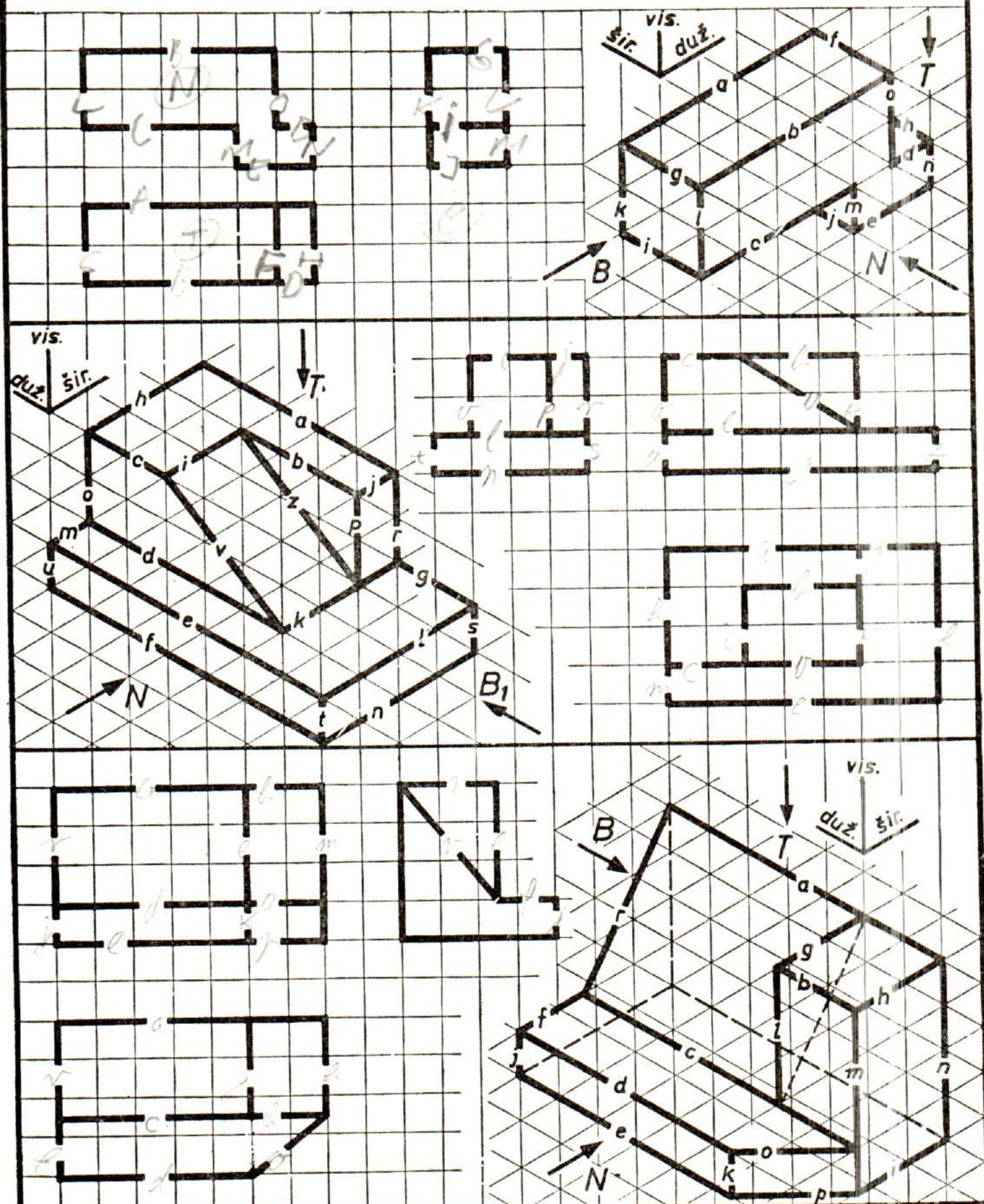




Provjerite podudaranje svih ploha!

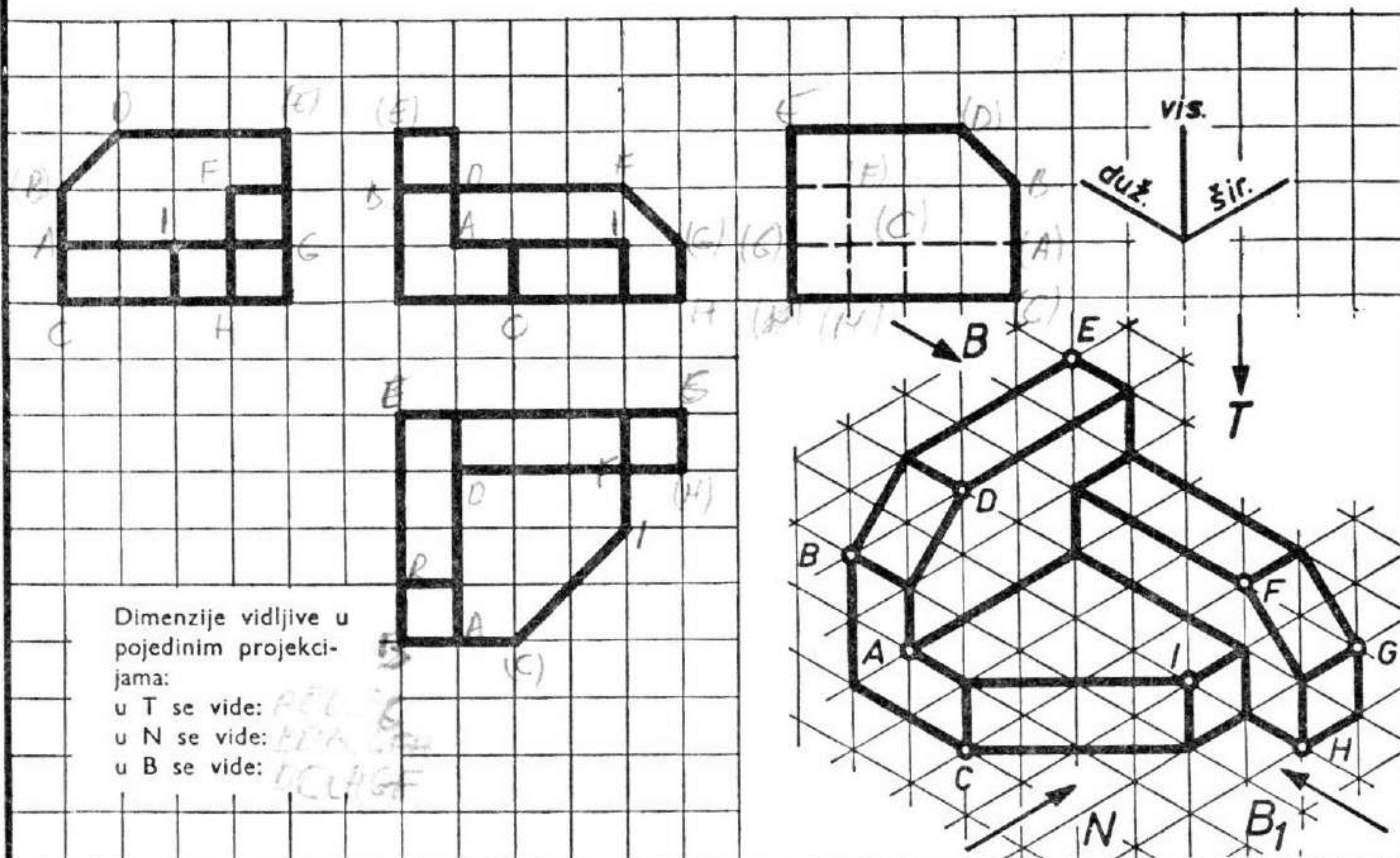
Prezime i razred	OZNAČIVANJE PLOHA BOJOM	*List 3.*

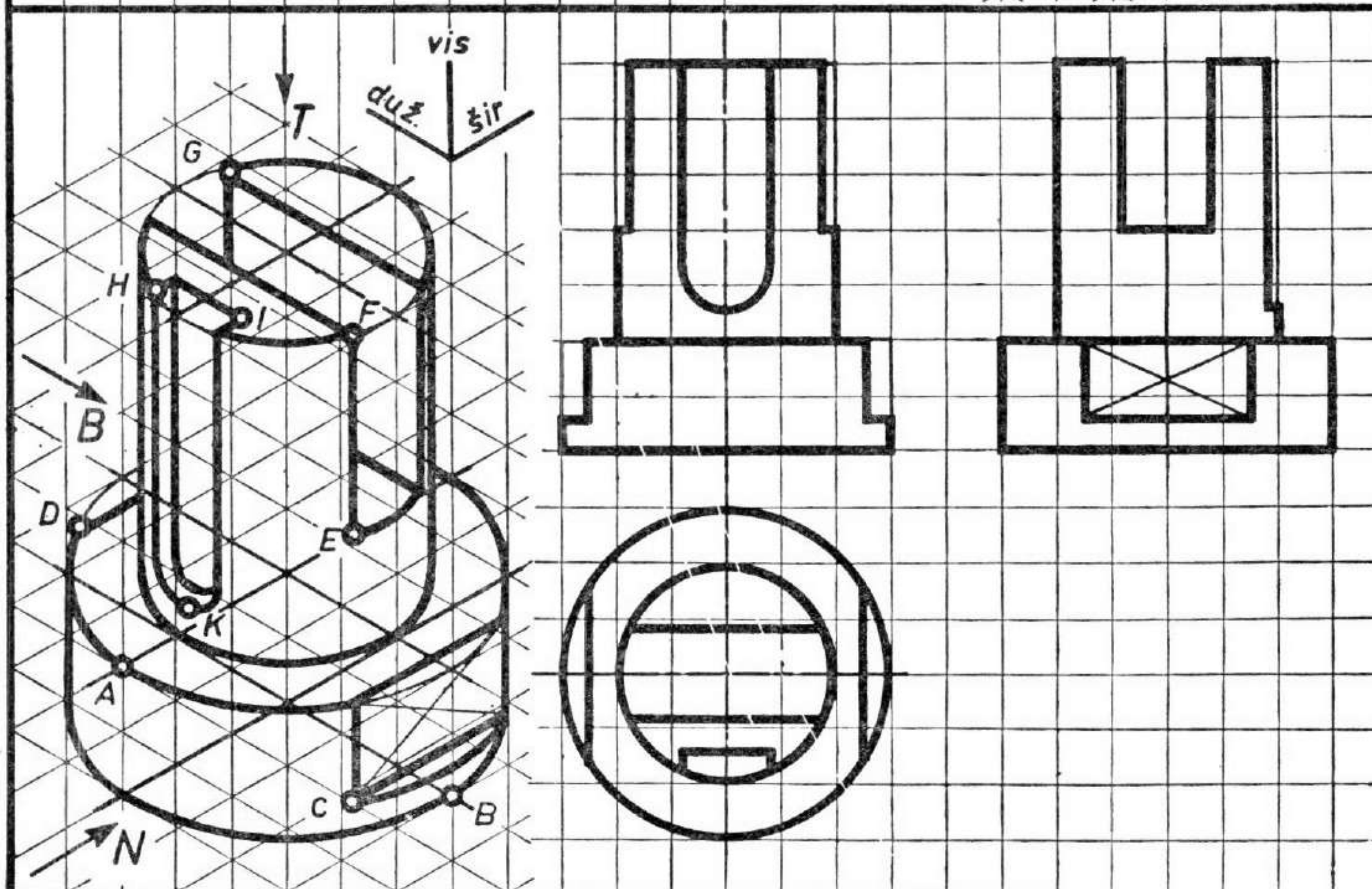
Predmet je predočen prostorno i u ortogonalnoj projekciji. U prostornoj slici bridovi su označeni slovima. Označite u svakoj projekciji sve vidljive bridove istim slovima. Slovo pišite u prekidu brida, a ako je projekcija točka, označite je kružićem i obilježite pripadnim slovom.



Prezime i razred	OBILJEŽAVANJE DUŽINA	List 4.

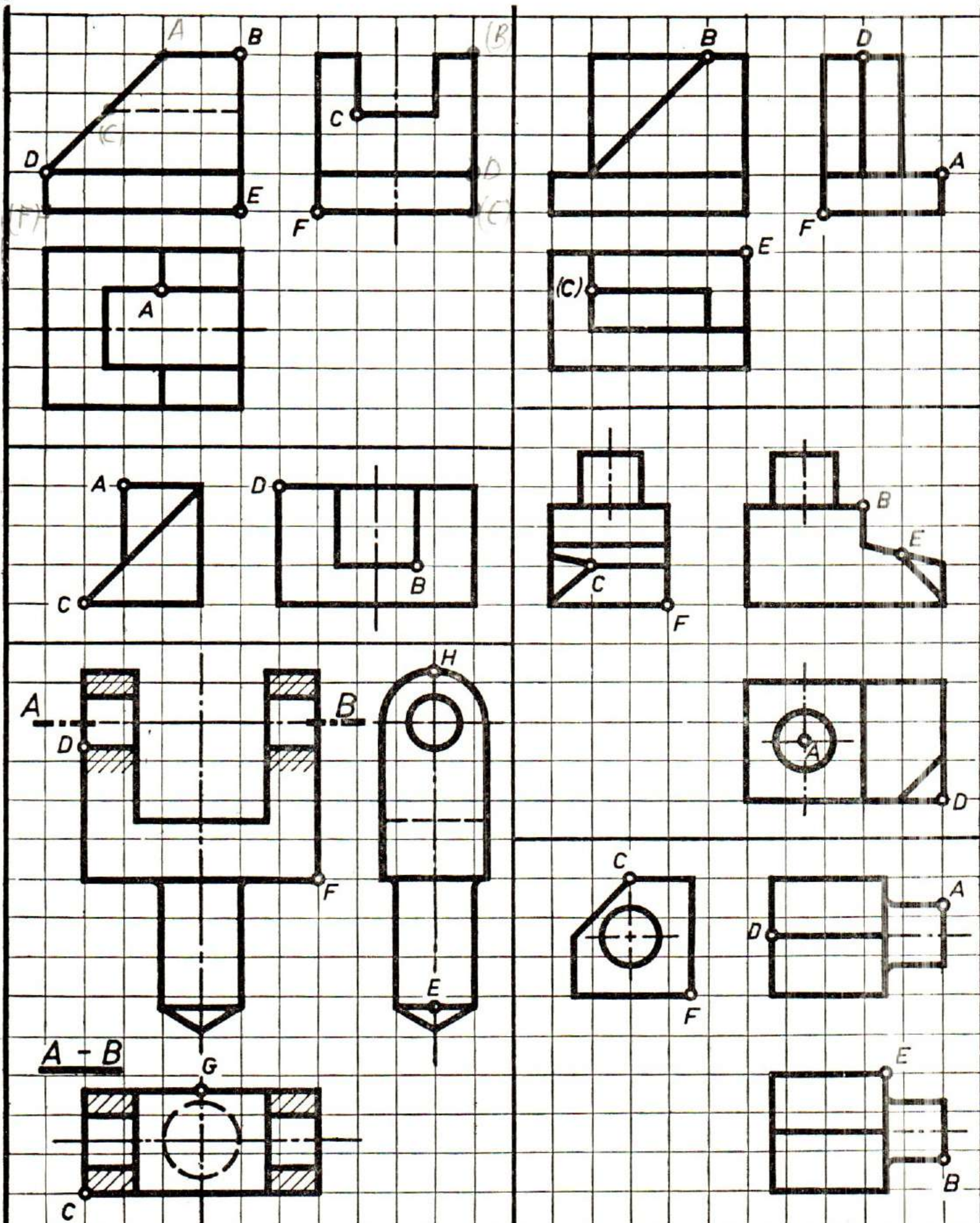
Predmet je predočen prostorno i u ortogonalnoj projekciji. U prostornoj slici označene su točke slovima. Označite u svakoj projekciji sve točke istim slovima, a ako nisu direktno vidljive, stavite oznaku u zagrade npr. (A).





Prezime i razred	OBILJEŽAVANJE TOČAKA I	*List 5.*

Predmet je predočen projekcijama. U pojedinim projekcijama označene su neke točke, a te treba označiti u ostalim projekcijama tako da u svima budu označene sve točke. Položaje koji nisu izravno vidljivi stavite u zagrade, npr. (C).

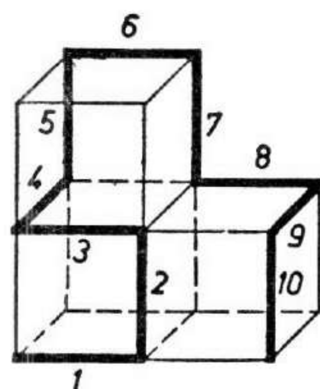


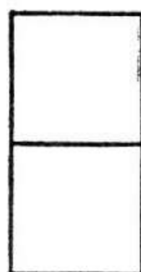
Prezime i razred

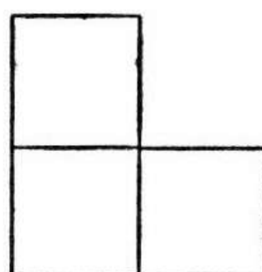
OBILJEŽAVANJE TOČAKA I

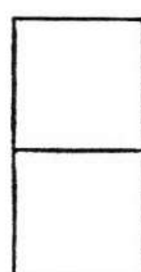
List 6.

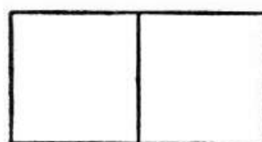
Bridovima prozirnih tijela savijeno je deset dijelova žice, a svaki je dio vidljiv kao da tijela uopće nema, ili kao da postoji samo žica. Tijela su tanko nacrtana prostorno i u ortogonalnoj projekciji, a žica debelo u prostornoj slici. Dijelovi su označeni brojevima. Nacrtajte žicu u ortogonalnoj projekciji debelo i u svakoj projekciji označite svih deset dijelova.

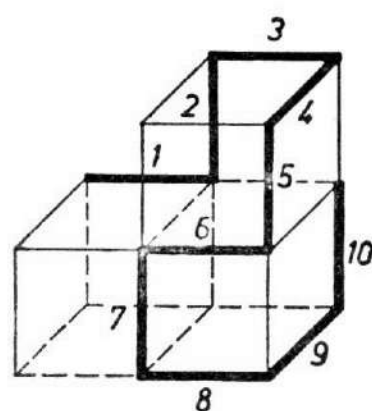


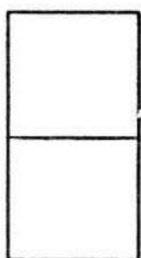


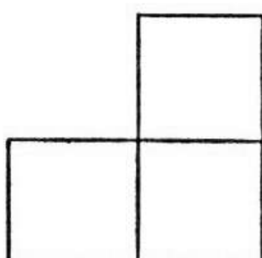


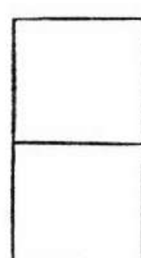




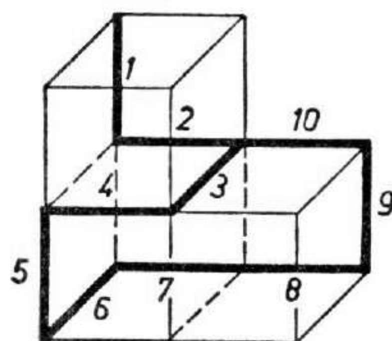


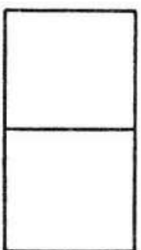


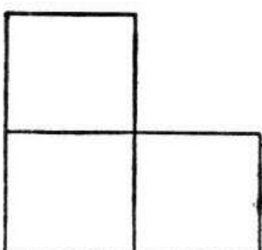




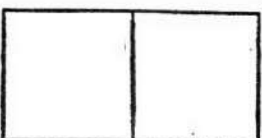








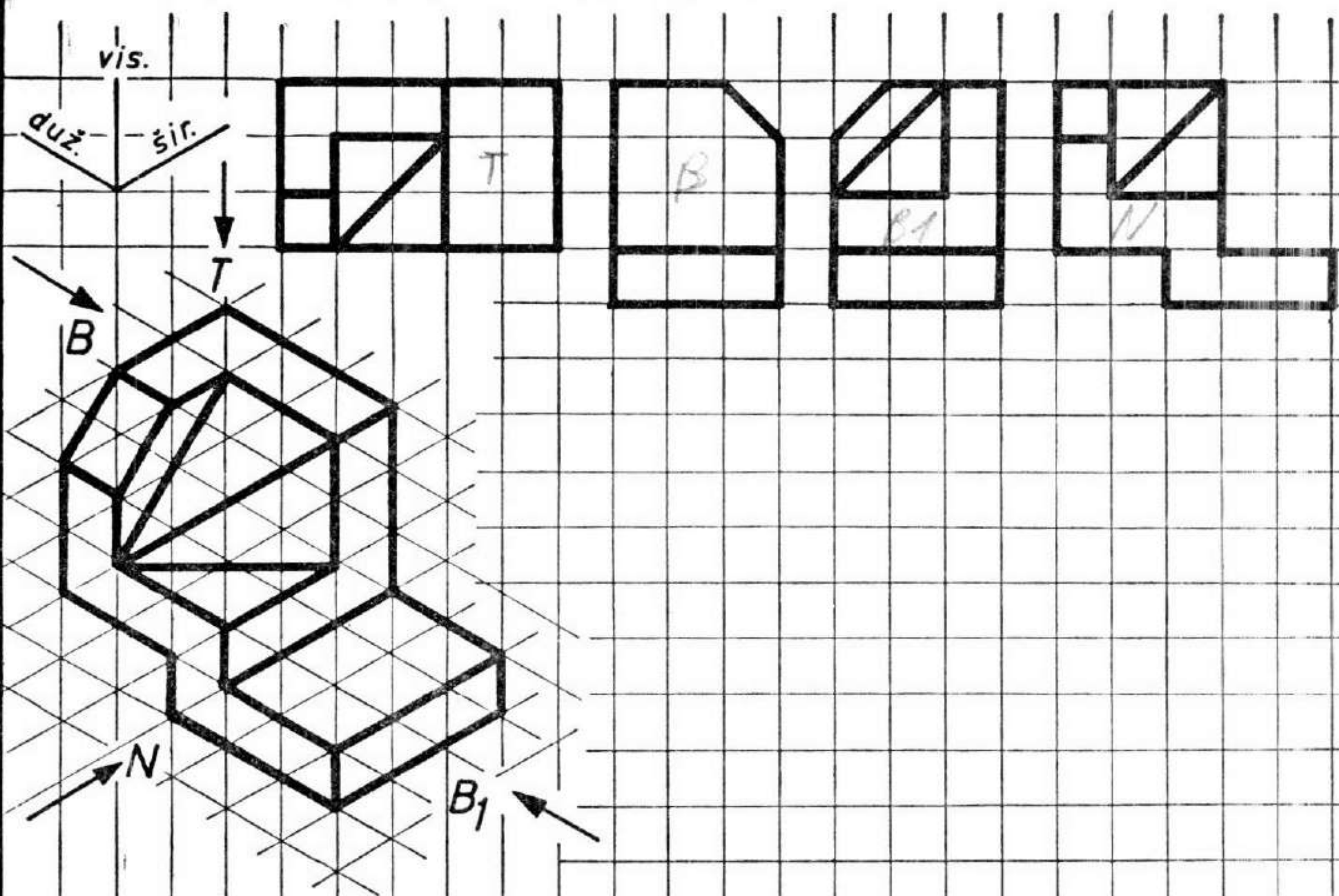


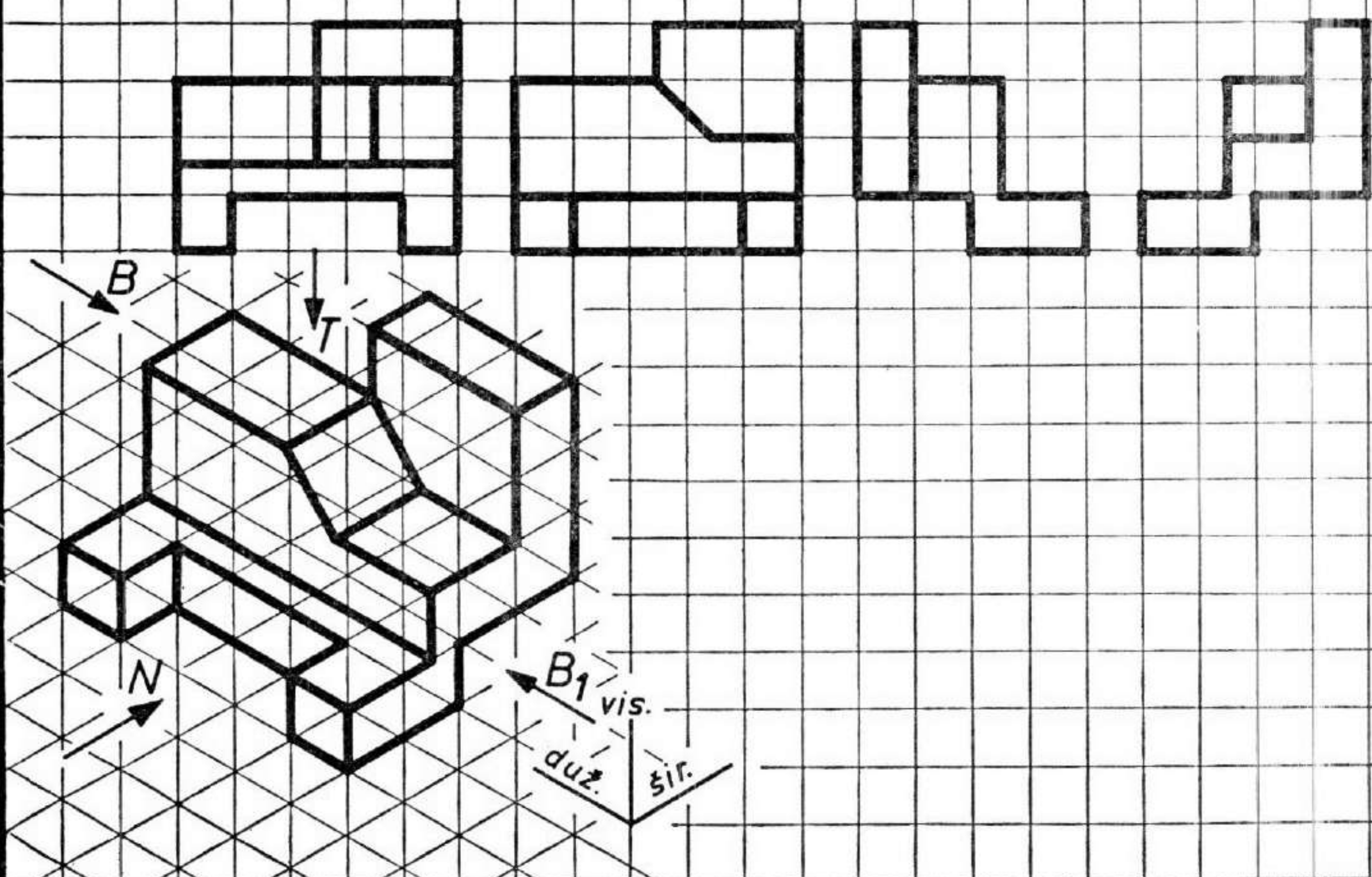


Prezime i razred	SAVIJANJE ŽICE	List 7.

Pravilan smještaj projekcija je: $B_1 \overset{T_1}{\underset{T}{N}} B$. Tijelo je predočeno prostorno, a projekcije poredane bez reda.

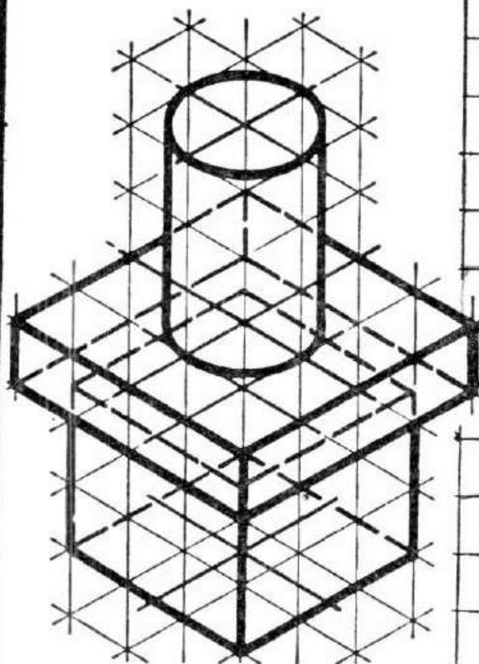
Nacrtajte ponovo sve projekcije, ali ih smjestite pravilno.

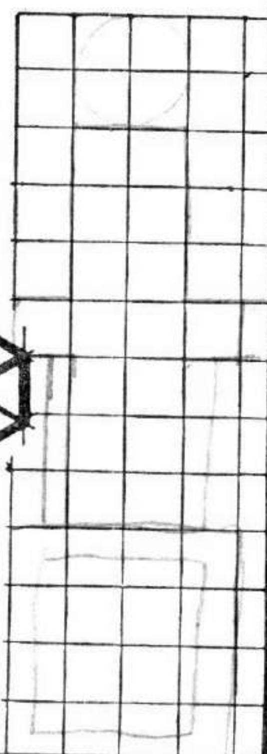


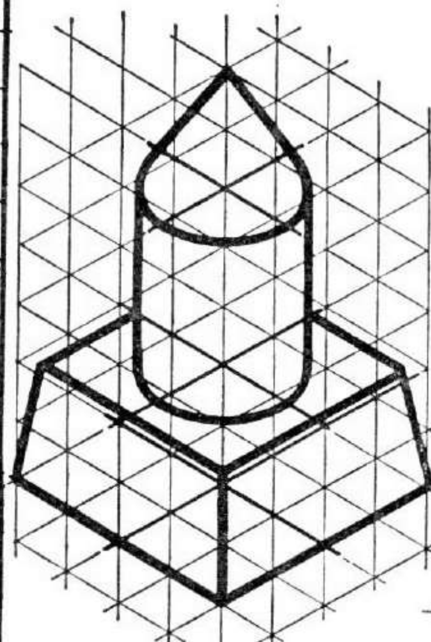


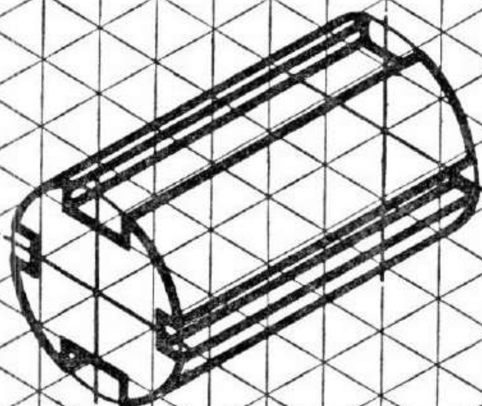
Prezime i razred	PRAVILAN SMJEŠTAJ PROJEKCIJA	List 8.

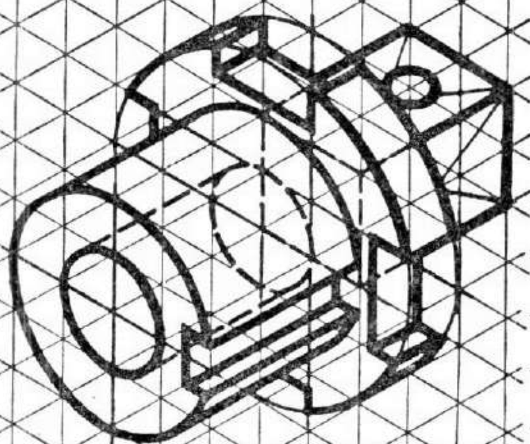
Tijelo je predočeno prostorno. Treba odabrati smjer projiciranja i razmjerno tijelu u prostoru nacrtati tijelo u ortogonalnoj projekciji u potrebnom broju projekcija.





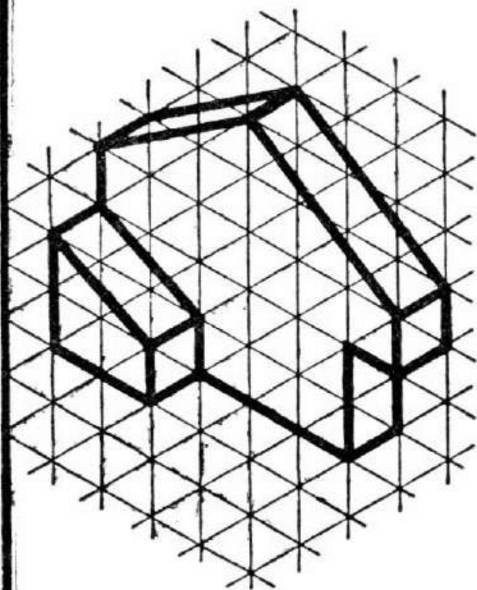


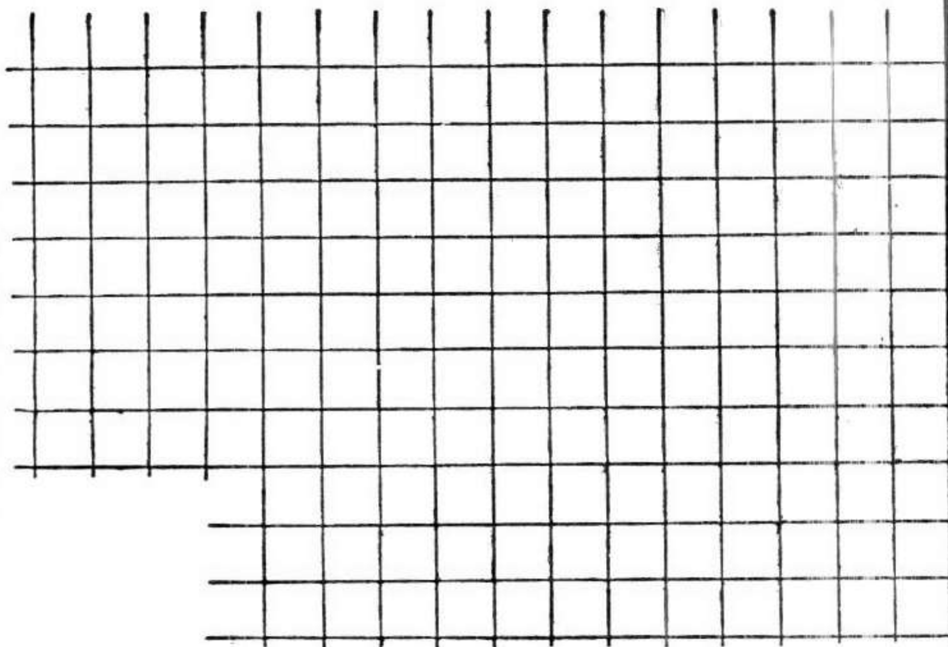


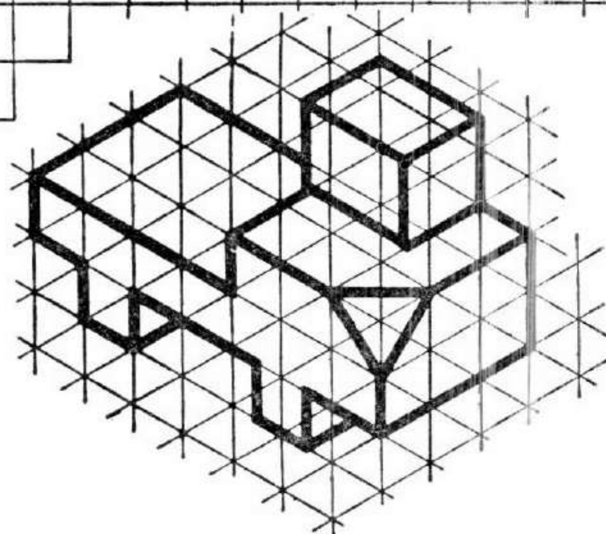


Prezime i razred	IZVOĐENJE ORTOGONALNE PROJEKCIJE I	*List 9.*

Tijelo je predočeno prostorno. Treba odabrati smjer projiciranja i razmjerno tijelu u prostoru nacrtati tijelo u ortogonalnoj projekciji u potrebnom broju projekcija.

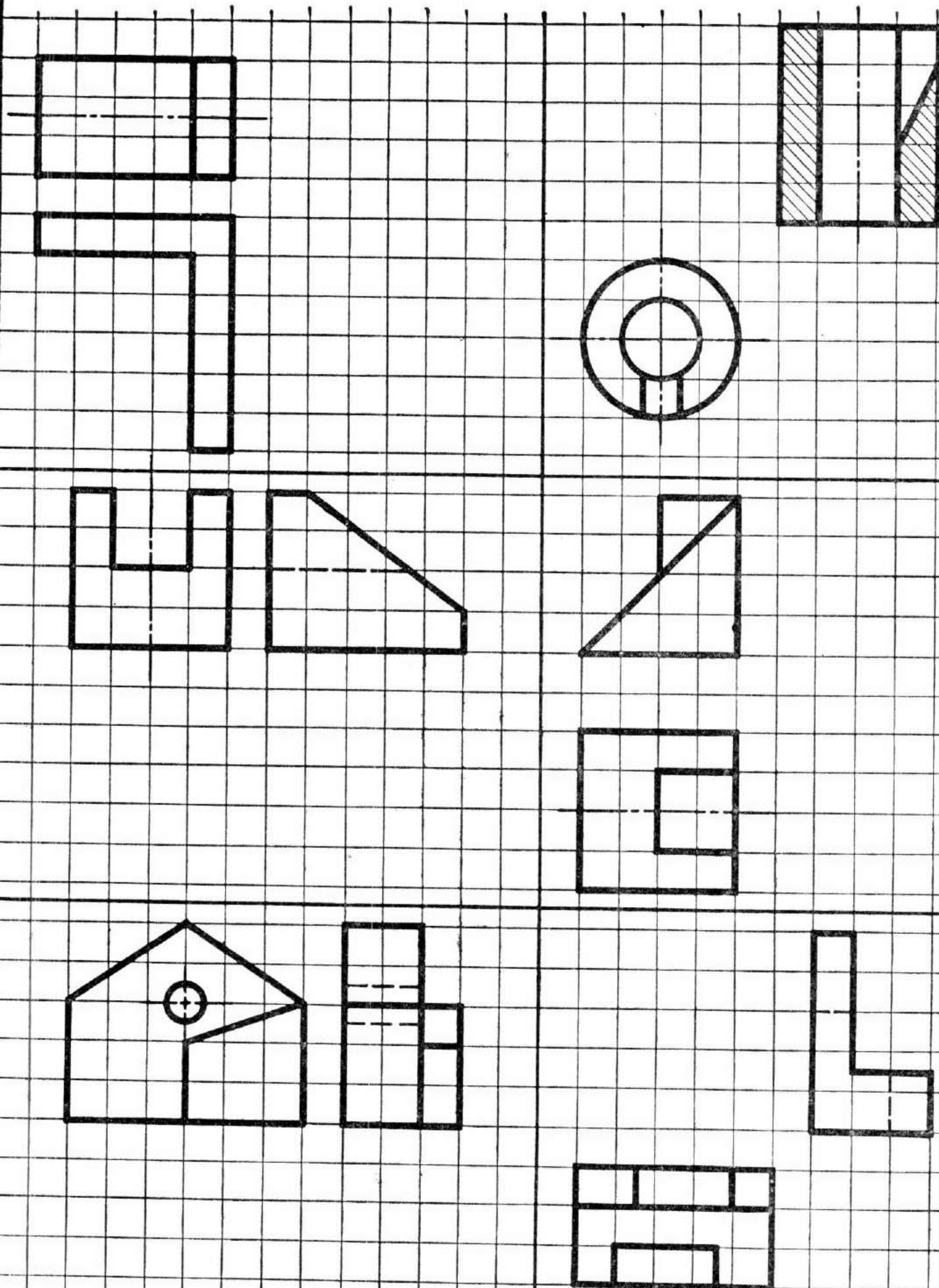






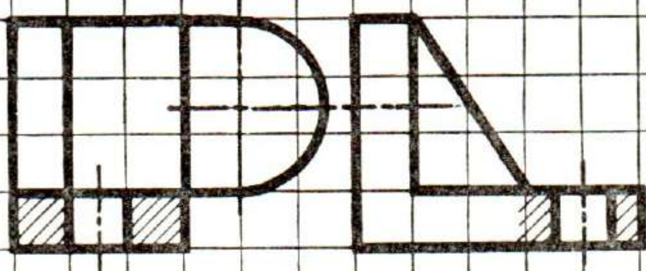
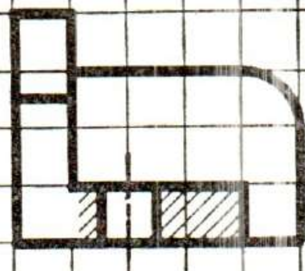
Prezime i razred	IZVOĐENJE ORTOGONALNE PROJEKCIJE II.	*List 10.*

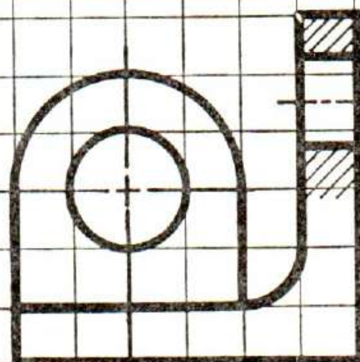
Svaki od nacrtanih predmeta treba predočiti u tri projekcije. Dvije od njih su nacrtane, a na temelju podudaranja treba izvesti treću i smjestiti je pravilno.

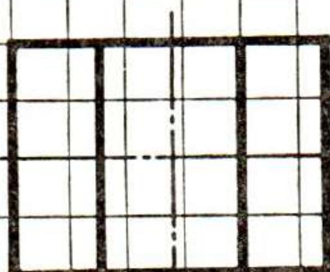
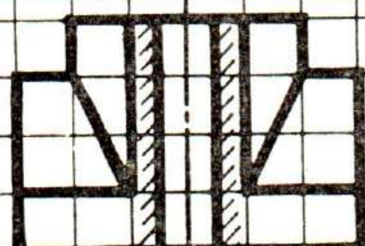


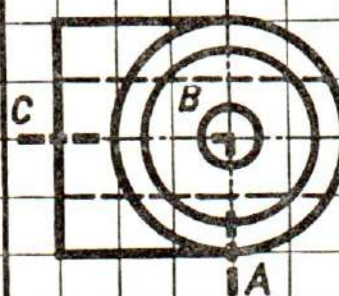
Prezime i razred	DOPUNSKE PROJEKCIJE I ·	*List 11.*

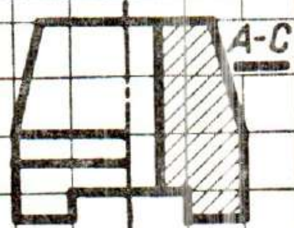
Svaki od nacrtanih predmeta treba predočiti u tri projekcije. Dvije od njih su nacrtane, a na temelju podudaranja treba izvesti treću i smjestiti je pravilno.



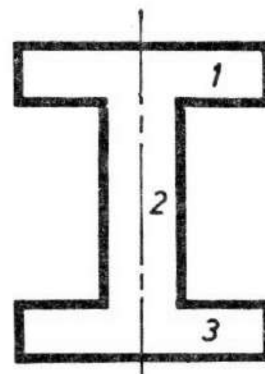


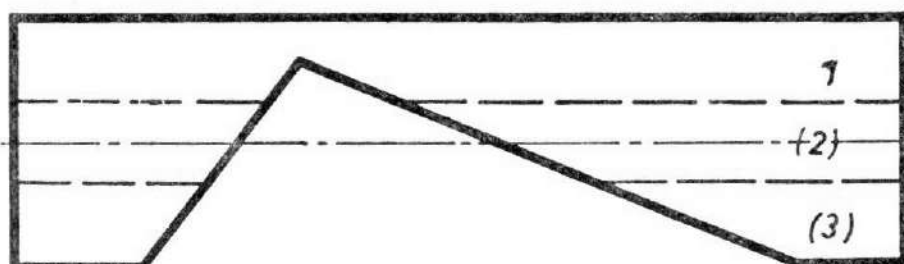
Prezime i razred

DOPUNSKE PROJEKCIJE II

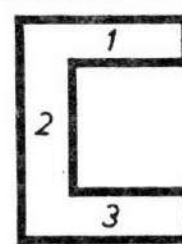
List 12.

Rezanjem profila nastaju nove plohe i bridovi. Na temelju podudaranja izvedite projekciju s rezom koji nedostaje, a plohe nastale rezom šrafirajte. Rez je okomit na ravninu projekcije. Za lakše razumijevanje označite pojedine dijelove profila u svim projekcijama.

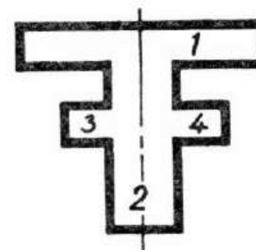






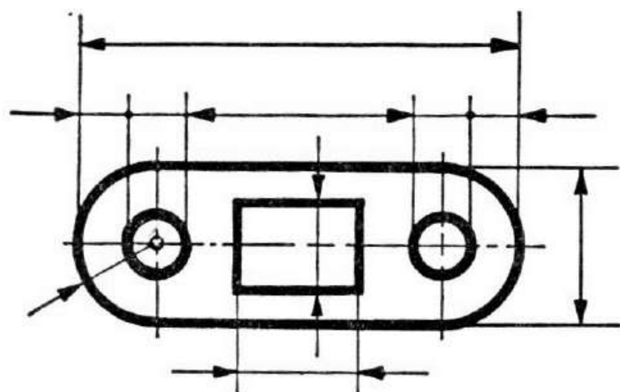


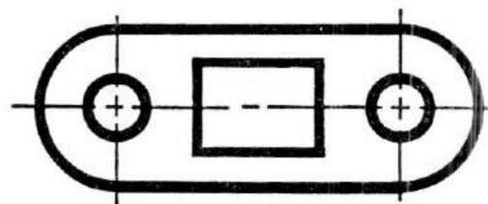


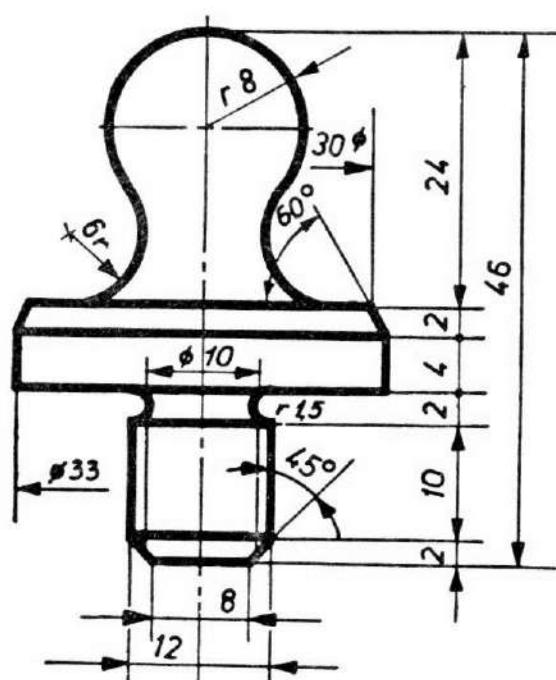


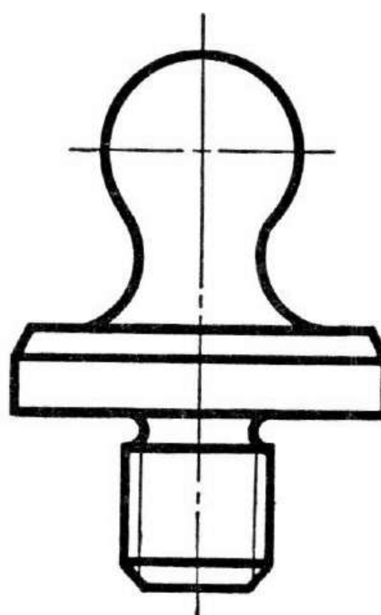
Prezime i razred	REZOVI PROFILA	List 13.

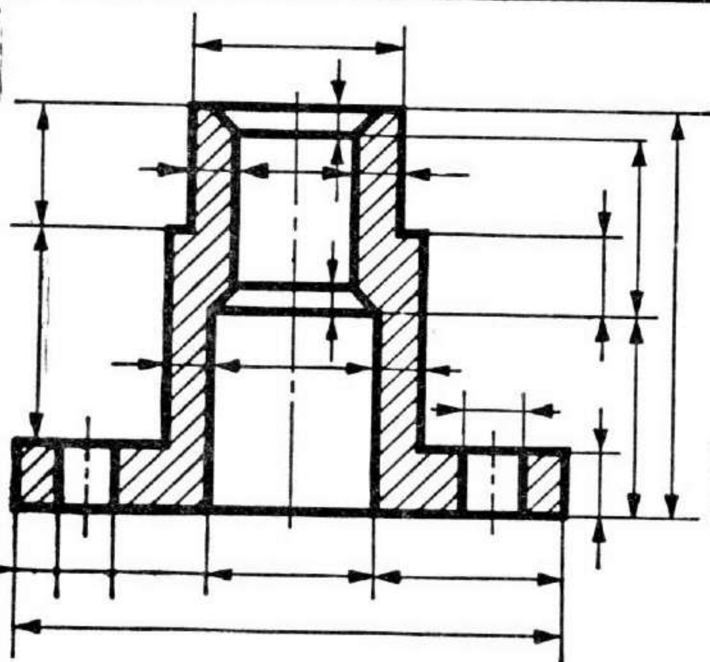
U navedenim primjerima nisu poštivana pravila kotiranja i učinjene su mnoge greške. Zaokružite što je pogrešno i ponovo kotirajte predmet u nacrtanom crtežu.

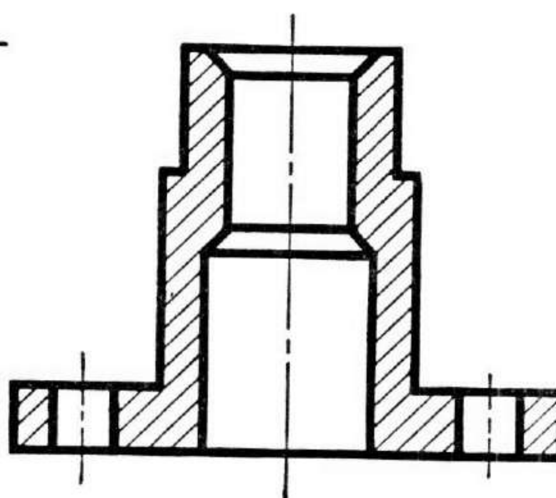








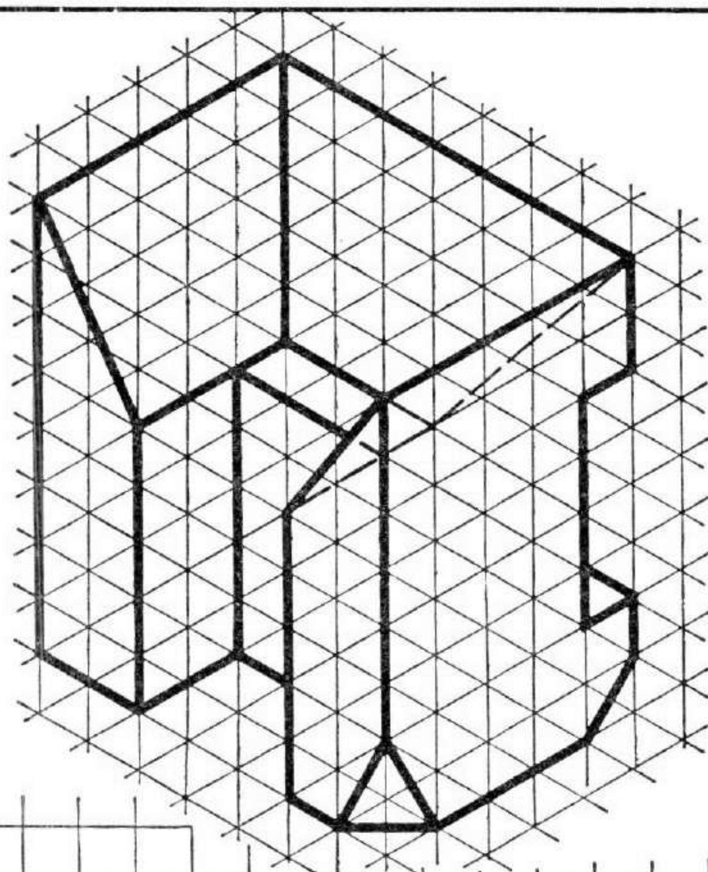




Prezime i razred	GREŠKE U KOTIRANJU	List 14.

Radionički crtež

List 15.



Izradite radionički crtež prostorno predočene vodilice dimenzija 35.25.40 vis. sa svim podacima za proizvodnju.

Vodilica je od materijala Č.0245, a sve plohe obrađene su fino.

(Nacrtajte oblik u potrebnom broju projekcija u pogledu ili presjeku, kotirajte predmet i stavite znakove obradbe.)

(Prezime)	(Gimnazija)	Materijal	Br. 74-15
(Potpis)	M :		
(Datum)		(Naziv)	

—125—

—190—

45 | 60 | 20

Prezime i razred	UZORAK LISTA I PODLOŽAK	List 16.

10

230

Kovač: OSNOVE TEHNIČKOG CRTANJA

G-57/9
20134